



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

**STUDIE EFEKTIVNOSTI VYUŽITÍ PRACOVÍŠŤ VE
VYBRANÉM PROVOZU**

THE STUDY EFFICIENCY OF UTILIZATION OF WORKPLACES IN SELECTED OPERATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Milota

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

BRNO 2017

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav managementu
Student: **Bc. Tomáš Milota**
Studijní program: Ekonomika a management
Studijní obor: Řízení a ekonomika podniku
Vedoucí práce: **prof. Ing. Marie Jurová, CSc.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává diplomovou práci s názvem:

Studie efektivity využití pracovišť ve vybraném provozu

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod

Popis podnikání ve vybraném podniku se zaměřením na:

- výrobní portfolio
- výrobní proces

Cíle řešení

Analýza současného stavu technické přípravy výroby vzhledem k zákaznickým požadavkům

Vyhodnocení teoretických přístupů k řešení

Návrh vazeb mezi TPV a výrobním procesem

Podmínky realizace a přínosy

Závěr

Použitá literatura

Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Návrh vazeb mezi daty z TPV a ekonomickými dopady výrobních úkolů pro splnění požadavků zákazníků.

Základní literární prameny:

GREGOR, M. a kol. Dynamické plánovanie a riadenie výroby. 1.vyd. Žilina: Žilinská univerzita 2000, 284 s. ISBN 80-7100-607-6.

JUROVÁ, Marie et al. Výrobní procesy řízené logistikou. 1. vyd. Brno: BizBooks, 2013, 260 s. ISBN 978-80-265-0059-9.

KAVAN, M. Výrobní a provozní management. 1. vyd. Praha: Grada Publishing 2002,.424 s. ISBN 80-247-4099-5.

KOŠTURIAK, J., Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků. Brno: Computer Press 2010, 234 s. ISBN 978-80-251-2349-2.

RASTOGI, M. Production and operation management. Bangalore: University science press, 2010. 168 s. ISBN 978-938-0386-812.

UČEŇ, P. Zvyšování výkonnosti firmy na bázi potenciálu zlepšení. Praha: GRADA Publishing 2008, 190 s. ISBN 978-80-247-2472-0.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně dne 28.2.2017

L. S.

doc. Ing. Robert Zich, Ph.D.
ředitel

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá analýzou dat získaných pozorováním a měřením pracovišť montážní linky se zaměřením na efektivnost jejich využití, prostřednictvím vybraných prvků průmyslového inženýrství, s kterými se čtenář může blíže seznámit v teoretické části práce. V práci je analyzována produktivita na lince v průběhu směny, je definován ideální stav balancování linky, dále je uveden návrh na změny normy spotřeby času linky dle naměřeného cyklového času linky. Dle komplexní analýzy pracovišť jsou vyvozeny návrhy, je také rozpracováno ekonomické zhodnocení těchto návrhů. Hlavní přínos práce shledává autor ve zvýšení produktivity analyzované linky v případě implementace návrhů řešení.

Abstract

This thesis deals with the analysis of data obtained by observing and measuring workplaces of assembly lines with a focus on the efficiency of their utilization, through selected elements of industrial engineering, which the reader can get acquainted with in the theoretical part of the thesis. In this thesis the line productivity during the shifts is analyzed, an ideal line balancing condition is defined and suggestion for changing the time of line consumption norm according to the measured line cycle time is made. According to the complex analyzes of the workplaces, suggestions are concluded and an economic appreciation of these proposals is also elaborated. The author of this thesis finds the main benefit of this work in increasing of the productivity of the analyzed line in the case of implementation of solution designs.

Klíčová slova

cyklový čas, buňková výroba, balancování linek, norma spotřeby času, snímek pracovního dne, montážní linka

Key words

Cycle Time, cellular manufacturing, line balancing, time consumption norm, snapshot of the working day, assembly line

Bibliografická citace

MILOTA, T. *Studie efektivity využití pracovišť ve vybraném provozu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2017. 132 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Marie Jurová, CSc..

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 24. května 2017

.....

Bc. Tomáš Milota

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucí mé diplomové práce paní prof. Ing. Marii Jurové, CSc. za projevenou ochotu, trpělivost a odborný dohled při zpracovávání této práce. Dále bych chtěl poděkovat zaměstnancům API – Akademie produktivity a inovací, s.r.o. a WITTE Nejdek, spol. s r.o. za poskytnuté podklady, užitečné informace, rady a čas, který mi věnovali. Poděkování patří také Stanislavě Veselé za ochotu a pomoc s anglickým překladem abstraktu této práce. Dále děkuji mým blízkým za psychickou i finanční podporu a motivaci, kterou mi věnovali po celou dobu mého studia.

OBSAH

ÚVOD.....	11
CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	12
1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI	13
1.1 Produktové portfolio	13
1.2 Zákazníci společnosti	14
1.2.1 Zákazníci ze skupiny výrobců osobních automobilů.....	15
1.2.2 Zákazníci ze skupiny výrobců užitkových a nákladních vozů	15
1.2.3 Zákazníci ze skupiny výrobců systémů	15
1.2.4 Obrat společnosti dle zákazníků	16
1.3 Historie společnosti.....	17
1.4 Organizační struktura společnosti	18
1.5 Globální vliv společnosti.....	18
1.5.1 WITTE Automotive v Evropě	19
1.6 Vybrané hodnoty společnosti.....	21
1.6.1 Obrat společnosti	21
1.6.2 Zaměstnanci	22
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE	26
2.1 Lean management	26
2.2 Analýza a měření práce	27
2.2.1 Měření práce	28
2.2.2 Časové studie (přímé měření)	29
2.2.3 Systém předem určených časů (nepřímé měření)	32
2.2.4 Analýza procesů.....	33
2.2.5 Plnění výkonových norem	34
2.3 Analýza synchronizace práce	35

2.4	Ergonomie na pracovišti	37
2.4.1	Možné ergonomické parametry	38
2.5	Technická príprava výroby	38
2.5.1	Organizační príprava výroby	39
2.6	Totálne produktivní údržba (TPM)	39
2.6.1	Cíle TPM.....	40
2.7	Normy spotřeby času.....	40
2.8	Průběžná doba výroby	42
2.8.1	Výrobní cyklus jedné operace pro jeden kus výrobku.....	43
2.8.2	Stanovení počtu měření	44
2.9	Projektování výrobních buněk	45
2.9.1	Buňková výroba	45
2.9.2	Typy výrobních buněk	45
2.9.3	Projektování výrobních buněk	46
2.9.4	Výrobní takt	49
2.10	Plýtvání a jeho druhy	49
2.11	Pět pilířů vizuálního pracoviště (5S)	51
3	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	53
3.1	Popis optimalizovaného pracoviště.....	53
3.1.1	Charakteristika pracoviště.....	53
3.2	Snímek pracovního dne.....	55
3.2.1	Snímek operátora na pracovišti AP 10 B (dále AP 30 a AP40)	58
3.2.2	Snímek operátora na pracovišti AP 20 B.....	62
3.2.3	Snímek pracovního dne operátora na pracovišti AP 30 a AP 40.....	66
3.3	Miniaudit	70
3.3.1	Miniaudit pořádku a čistoty	70

3.3.2	Miniaudit vizualizace pracoviště	72
3.3.3	Miniaudit údržby strojů	74
3.4	Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky.....	76
3.4.1	Přehled norem Ford Mondeo	77
3.4.2	Výpočet minimálního počtu měření pro každou operaci.....	78
3.4.3	Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky při směně se dvěma operátory	80
3.4.4	Stav balancování linky při práci dvou operátorů v montážní buňce.....	81
3.4.5	Znázornění pohybů operátorů na lince HKS Mondeo (2 operátoři).....	83
3.5	Shrnutí skutečností zjištěných analýzou současného stavu pro účely vlastních návrhů řešení.....	84
4	VLASTNÍ NÁVRHY ŘEŠENÍ	86
4.1	Vybalancování linky	86
4.1.1	Výpočet minimálního počtu měření při směně tří operátorů	86
4.1.2	Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky při směně tří operátorů	88
4.1.3	Stav balancování linky při práci tří operátorů v montážní buňce	89
4.2	Stanovení nové normy spotřeby času na lince	91
4.2.1	Procento plnění aktuální normy spotřeby času na lince při směně tří operátorů	91
4.2.2	Stanovení nové normy spotřeby času	92
4.3	Postřehy z pozorování pracovišť linky a návrh nápravného opatření	100
4.3.1	Porušení pravidla ergonomie na pracovišti.....	100
4.3.2	Modelový příklad.....	101
4.4	Nákup aplikace API	102
4.5	Podmínky realizace a přínosy	103
4.5.1	Podmínky realizace	103

4.5.2	Přínosy	105
4.6	Mimoekonomický přínos vyplývající z návrhu řešení nové normy spotřeby času na lince HKS Mondeo.....	107
4.6.1	Zvýšení produktivity při změně aktuální normy spotřeby času na lince HKS Mondeo	107
ZÁVĚR		117
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ		120
	Odborná literatura	120
	On-line zdroje	121
	Off-line zdroje.....	122
SEZNAM OBRÁZKŮ		123
SEZNAM TABULEK.....		124
SEZNAM GRAFŮ		126
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK		127
SEZNAM PŘÍLOH.....		128

ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá analýzou vybraného výrobního procesu ve společnosti WITTE Nejdek, spol. s r.o., produkující široké portfolio komponentů, které nacházejí uplatnění v automobilovém průmyslu. Produkty této společnosti jsou užívány jednak v osobních automobilech, ale také v užitkových automobilech. Práce je zaměřena na optimalizaci vazeb technické přípravy výroby (TPV), převážně pak na optimalizaci časového hledisko pro účely redukce průběžné doby výroby.

Cílem práce je dílčími cíli, mezi které patří realizace tří miniauditů, náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky a následná definice taktu linky pro různé situace na lince, definice optimálního stavu balancování linky a mnohé další, dosáhnout primárního cíle, který je specifikován v předcházejícím odstavci této kapitoly. Podrobněji o cíli této diplomové práce pojednává další kapitola s názvem „Cíle diplomové práce“.

V dalších částech práce bude nejprve popsána samotná společnost, pro kterou byla realizována tato diplomová práce a následně budou zpracována teoretická východiska. Optimalizace výrobních pracovišť a s nimi spojené výrobní procesy budou realizovány skrze širokou škálu prvků průmyslového inženýrství (dále jen PI) a jelikož PI je dosti mladou vědou, je relativně obtížné sehnat kvalitní literaturu, která je pro účely této práce vyhovující. Jelikož většina principů průmyslového inženýrství je převzata z Japonska, není příliš mnoho publikací, které by tyto principy sumarizovaly i do dalších jazyků. Z tohoto důvodu je čerpáno nejen z pramenů odborné literatury, ale také z prezentací odborníků z praxe, kteří se danou problematikou zabývají a také z časopisu ÚSPĚCH, což je čtvrtletník vydávaný pod záštitou české společnosti zabývající se produktivitou a inovace API.

V Analytické části práce následně budou skrze získané poznatky z teoretické části práce shromážděny všechny nezbytné informace, které poslouží ke splnění stanovených dílčích cílů, které dohromady utvoří primární cíl. K vybraným částem analýzy současného stavu budou využity metodiky společnosti API – Akademie produktivity a inovací, s.r.o. Z analyzovaných dat budou následně vyvozeny závěry dle vytyčených cílů a budou rozpracovány vlastní návrhy řešení, pro co největší praktický přínos z pohledu analyzovaného pracoviště v zadavatelské společnosti.

CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Primárním cílem této diplomové práce je návrh vazeb mezi daty z technické přípravy výroby (dále jen TPV) a ekonomickými dopady výrobních úkolů pro splnění požadavků zákazníků. Konkrétně se tato práce zaměřuje z pohledu TPV na optimalizaci výrobního procesu, převážně pak na jeho časové hledisko pro účely optimalizace průběžné doby výroby.

Výše definovaný cíl práce bude realizován dosažením následujících dílčích cílů, které dohromady utváří primární cíl:

- Zaměřením na produktové portfolio a strukturu zákazníků.
- Studie teoretických podkladů nezbytných k realizaci optimalizace výrobního procesu.
- Analýza optimalizované montážní linky z pohledu seznámení se se strukturou pracovišť montážní buňky, průběhem výrobního procesu, typem produktů linky a poznání současné normy spotřeby času linky.
- Měření a následná analýza činností jednotlivých operátorů v průběhu směny (realizace snímků pracovního dne).
- Realizace miniauditů pořádku a čistoty, miniauditů vizualizace pracoviště a miniauditů údržby strojních zařízení.
- Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky a následná definice taktu linky pro různé situace na lince.
- Definice optimálního stavu balancování linky.
- Úprava normy spotřeby času linky na základě náměrů cyklových časů pracovišť linky.

Pro efektivnější zpracování dílčích cílů práce bude k realizaci snímků pracovního dne použita aplikace API, o které blíže pojednává analytická část práce, dále v případě miniauditů bude využito předloh vytvořených společností API – Akademií produktivity a inovací, s.r.o.

1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Společnost WITTE Nejdek, spol. s r.o. je největším závodem skupiny v České republice a současně je také nejstarším ze závodů u nás. Společnost WITTE Nejdek, s.r.o. započala svoji činnost 11. prosince 1991, kdy tak bylo uskutečněno zápisem do obchodního rejstříku. Lze tedy konstatovat, že WITTE Nejdek, zabývající se výrobou a montáží širokého spektra konceptů pro automobilový průmysl, má v současné době tradici již 25 let. WITTE Nejdek, spol. s r.o. sídlí v Karlovarském kraji, protože pro společnost je tato lokalita výhodná i ze strategického hlediska při blízkém umístění od Německých hranic. (WITTE NEJDEK, SPOL. S R.O., ©2017)

1.1 Produktové portfolio

Víše představená společnost se zabývá výrobou, vývojem a montáží konceptů, které najdou využití v automobilovém průmyslu. Předností společnosti je vývoj zámkových, zamykacích a bezpečnostních systémů od testovaného konceptu počínaje, až po velkosériovou výrobu dle zákaznických potřeb.

Prostřednictvím vývojové, výrobní (převážně odlévání plastových výlisků) a montážní činnosti společnosti vzniká celá řada produktů, které nacházejí uplatnění v automobilovém průmyslu. Klíčové koncepty vznikající ve společnosti WITTE Nejdek, spol. s r.o. jsou uplatnitelné ve čtyřech částech vozu, kam jsou následně zákazníkem zakomponovány při montáži vozu jako celku. Portfolio všech produktů, dále rozdělených do již zmiňovaných čtyř částí uplatnění ve voze, vyráběných, vyvíjených nebo kompletovaných ve společnosti je uvedeno níže.

- **„Přední kapoty:** systémy ochrany chodců, zámky, bezpečnostní záchytný hák, panty.
- **Dveře:** vnější a vnitřní kliky dveří, výztuha dveří, bezklíčové otevírání, klíčové garnitury, vložky zapalování, zámky a zamykací čepy, přitahování, dveřní brzda, panty, pohony posuvných dveří, mini dveřní modul, ochrana hrany dveří.
- **Sedadla:** zámek opěradla zadního sedadla, zajištění sedačky v podlaze, vícepolohové zámky opěradla sedadla, zamykatelné zajištění, otevírání (s indikací), zamykací čepy.

- **Zadní víka:** *zámky s přitahováním, zámky a zamykací čepy, panty a kloubové panty, multifunkční moduly, LED Soft Touch, kamerové moduly, kliky.*“ (WUENNENBERG, 2017, slide 7)

Následující obrázek ukazuje vizuální podobu vybraných produktů společnosti, které jsou kompletované prostřednictvím montážních linek a vyráběné vstřikovacími lisami (plastové komponenty). Jak již bylo zmíněno výše, výrobky společnosti nacházejí uplatnění zejména ve čtyřech částech vozu, proto jsou na obrázku cíleně uvedeny produkty pro každou z těchto částí vozu, kde část vozu, pro kterou je výrobek určen, je uvedena nad obrázkem produktu a popis samotného produktu je situován pod vizualizací produktu.

Přední kapoty	Dveře	Sedadla	Zadní víka
			
Bezpečnostní hák	Vnitřní klika dveří	Sedačkový zámek	Zadní zámek s externím přitahováním

Obrázek 1: Ukázka produktů společnosti (Upraveno dle: WUENNENBERG, 2017)

1.2 Zákazníci společnosti

Mezi zákazníky společnosti patří renomovaní výrobci automobilů. Zákazníci společnosti se dají rozdělit do tří skupin:

1. výrobci osobních automobilů,
2. výrobci užitkových a nákladních vozů,
3. výrobci systémů¹.

¹ *Výrobci systémů:* v automotive průmyslu je systémy myšlena výroba a vývoj vnitřních součástí vozu, které se nacházejí převážně v samotném kokpitu automobilu. Výrobci systémů pro automotive průmysl vyvíjí a vyrábí od sedadel a jejich funkčních částí přes osvětlení interiéru automobilu až po elektronické systémy dveřních okének.

1.2.1 Zákazníci ze skupiny výrobců osobních automobilů

Výrobci osobních automobilů představují nejširší skupinu zákazníků společnosti. Celkový počet značek osobních automobilů, ve kterých jsou užity komponenty společnosti je velké množství, konkrétně lze hovořit o cca padesáti značkách osobních automobilů, které ve svém nitru mají produkty společnosti WITTE Automotive.

- *Seznam vybraných zákazníků ze skupiny osobních automobilů:* Alfa Romeo, Audi, Bentley, BMW, Bugatti, Buick, Cadillac, Chery, Chevrolet, Chrysler, Citroën, Dodge, FAW Car, Ferrari, Fiat, Ford, Geely, GMC, Holden, Honda, Hyundai, Jaguar, KIA, Lamborghini, Lancia, Land Rover, Lincoln, Maserati, Mazda, Mercedes-AMG, Mercedes-Benz, MINI, Mitsubishi Motors, Nissan, Opel, Peugeot, Porsche, Renault, Rolls-Royce, SAIC Motor, SEAT, Škoda Auto, Smart, Tesla, Vauxhall Motors, Volvo, Volkswagen. (WUENNENBERG, 2017)

1.2.2 Zákazníci ze skupiny výrobců užitkových a nákladních vozů

O poznání menší skupinu zákazníků zahrnují výrobci užitkových a nákladních automobilů, avšak automobilky vyrábějící tento typ vozů představují pro společnost značného a neméně důležitého příjemce finančních prostředků.

- *Seznam vybraných skupin výrobců užitkových a nákladních vozů:* DAF Trucks, Freightliner Trucks, Iveco, MAN Truck & Bus, Mercedes-Benz, Renault Trucks, Scania trucks, Volvo Trucks, Volkswagen. (WUENNENBERG, 2017)

1.2.3 Zákazníci ze skupiny výrobců systémů

Třetí a zároveň poslední skupinou zákazníků WITTE Automotive jsou výrobci systémů. Jak již bylo zmíněno výše, jedná se o výrobu a vývoj vnitřních součástí vozu, které se nacházejí uplatnění převážně v samotném kokpitu automobilu. Výrobci systémů pro automotive průmysl vyvíjí a vyrábí od sedadel a jejich funkčních částí přes osvětlení interiéru automobilu až po elektronické systémy dveřních okének.

- *Seznam vybraných skupin výrobců systémů:* Benteler International AG, BOSH, Brose Technik für Automobile, Delphi Automotive, DENSO Automotive, DURA Automotive, Feurecia, HELLA, Johnson Controls, KIRCHHOFF Automotive, KM &

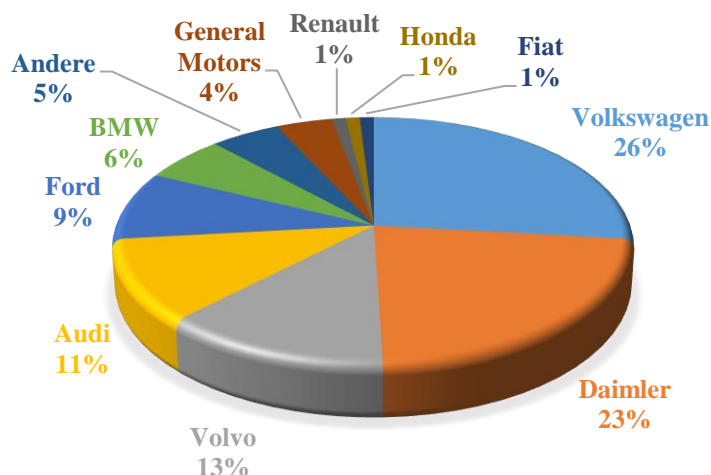
I, Lear Corporation, MAGNA, Prevent DEV, Tower Automotive, Toyota Boshoku, TWB, Valeo, Visteon, Webasto. (WUENNENBERG, 2017)

1.2.4 Obrat společnosti dle zákazníků

Níže je uveden podíl jednotlivých zákazníků na podnikovém obratu za rok 2016. Obrat je společný pro všechny závody v České republice, na obratu se největším dílem podílí právě závod WITTE Nejdek, důvodem je také fakt, že na českém trhu je tento závod nejdéle a je i největším závodem dle rozlohy i počtu zaměstnanců. Od roku 2016 se na obratu závodu WITTE podílí také pobočka v Ostrově, dále se na obratu podílí výzkumné centrum, které sídlí v Plzni. (WUENNENBERG, 2017)

Největší podíl na obratu společnosti mají společnost Volkswagen a Daimler, které tvoří dohromady téměř polovinu celého obratu. Nejvíce se podílí na obratu WITTE *koncern Volkswagen* (26 % celého obratu WITTE Automotive ČR). Pro koncern Volkswagen dodává společnost své produkty především pro osobní a užitkové vozy Volkswagen, osobní automobily Škoda, osobní automobily Audi, Bentley, Bugatti, Porsche, Lamborghini, SEAT, ale také užitkové a nákladní automobily MAN a Scania. (BRANDS & MODELS, ©2017)

Druhou společností, která se nejvíce podílí na obratu WITTE Automotive je *společnost Daimler*. Tato společnost je Německou firmou a je jedním z největších výrobců automobilů na světě. Společnost WITTE dodává produkty této společnosti převážně do osobních automobilů Mercedes-AMG, Mercedes-Benz, dále do užitkových a nákladních vozů Mercedes-Benz. (PRODUCTS, ©2017)



Graf 1: Obrat společnosti 2016 dle zákazníků (Převzato z: WUENNENBERG, 2017, slide 9)

1.3 Historie společnosti

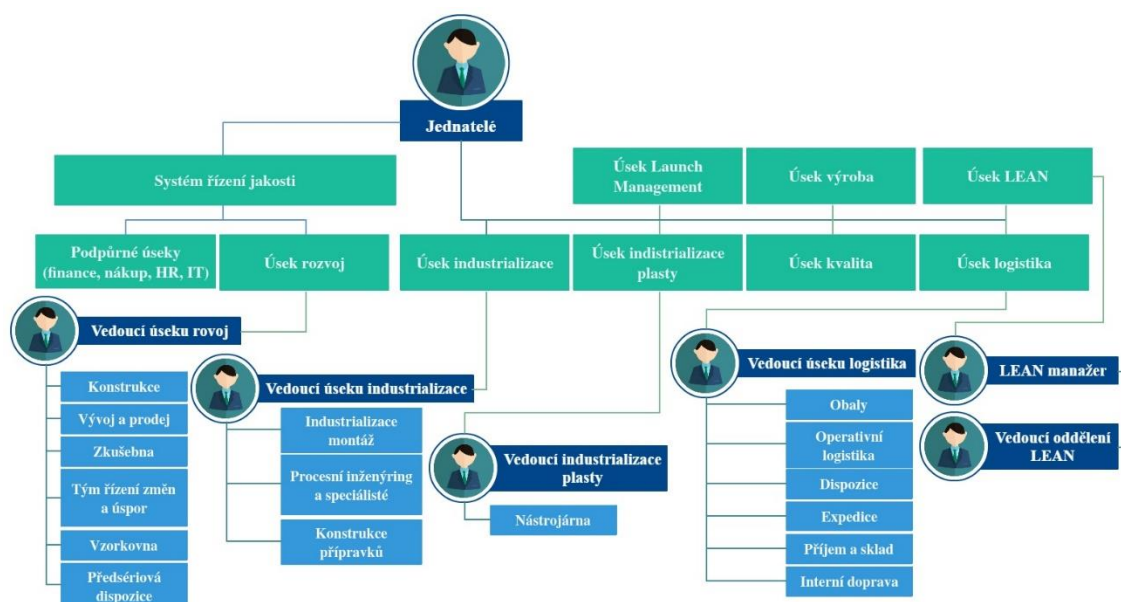
Historie společnosti od založení závodu WITTE Nejdek, spol. s r.o., až po současnost je popsána v následující tabulce, kde v levém sloupci je vždy uveden konkrétní rok a v pravém sloupci je uveden popis historického milníku.

Tabulka 1: Historie společnosti od jejího založení (Zdroj: WUENNENBERG, 2017, slide 6)

Rok	Historický milník
1992	Založení WITTE Nejdek, spol. s r.o. jako dceřiné společnosti WITTE-Velbert GmbH & Co. KG v Německu.
1994	Zahájení první etapy výstavby vlastních prostor.
1996	Po důkladné přípravě společnost obdržela certifikát ISO 9001.
1998	Byl proveden první sociální audit.
2001	Jako první podnik ve skupině WITTE získal závod v Nejdku ekologický certifikát ISO 14001.
2002	Počet zaměstnanců překročil 1 000 a byl získán certifikát ISO TS 16949.
2005	Byla otevřena třetí montážní hala, obrat společnosti dosáhl bezmála 6 mld. Kč.
2006	Společnost WITTE Automotive se stala součástí mezinárodní aliance VAST.
2008	Byla otevřena nová recepce a školicí centrum.
2011	Zavedlo se propojení prvovýroby a montáže.
2012	Bylo otevřeno nové logistické centrum.
2013	Bylo otevřeno nové vývojové středisko v Plzni.
2014	Počet zaměstnanců překročil 2 000, obrat společnosti dosáhl 7,5 mld. Kč.
2015	Byla zahájena výstavba závodu v Ostrově.
2016	Byl otevřen nový závod v Ostrově.

1.4 Organizační struktura společnosti

Dle Smejkal a Raise (2013) rozlišujeme pět základních typů organizačních struktur, které se napříč společnostmi vyskytují a sofistikovaně fungují dle specifických parametrů každé společnosti. Tato organizační struktura se u každé společnosti formuje v závislosti na oboru podnikání, velikosti samotné společnosti, škále výrobků, či obchodních specifik a dalších faktorech. Mezi tyto základní typy organizačních struktur řadíme liniovou strukturu, funkcionální strukturu, liniově-štabní strukturu, divizní strukturu a maticovou organizační strukturu. Dle specifikací každého typu struktury se organizační struktura společnosti WITTE Nejdek, spol. s r.o. nejvíce podobá typu *maticové organizační struktury*. Což je sloučenina divizní a funkcionální struktury a lze zde pozorovat rozdělení na různé divize a každou z těchto divizí řídí několik specializovaných vedoucích.



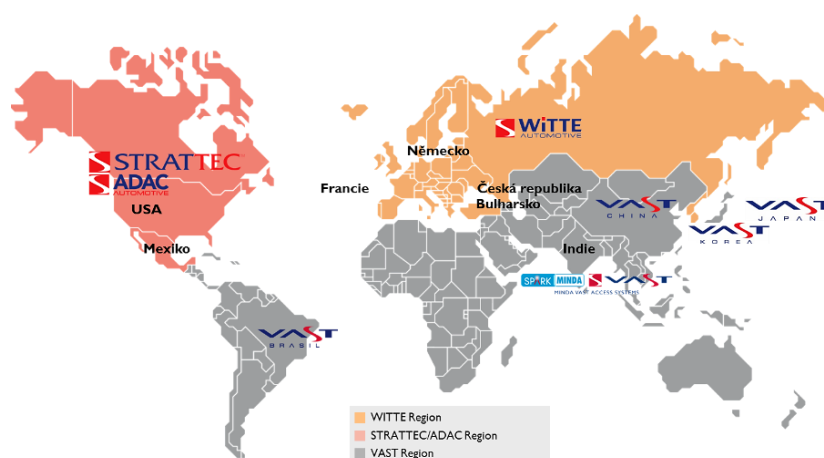
Obrázek 2: Organizační struktura společnosti (Upraveno dle: WUENNENBERG, 2017)

1.5 Globální vliv společnosti

Historie společnosti WITTE se datuje již od roku 1899, kdy pan Ewald Witte založil tuto společnost ve Velbertu v Německu. WITTE se ve svých počátcích specializovalo pouze na výrobu zámků pro kufry. Následně po založení vlastní slévárny v počátcích 50. let minulého století se portfolio produktů značně rozšířilo. Rozšířením nabídky produktů se společnost dostala v automobilovém průmyslu do popředí zájmu. (KRAFT, 2009)

Globálně je společnost WITTE Automotive zastřešena pod aliancí VAST (*Vehicle Access Systems Technology*), což je sdružení tří členských organizací a souvisejících provozních subjektů, které řídí jeden řídicí tým, aby mohly účinně sloužit globálním zákazníkům. Prostřednictvím provázané spolupráce VAST je zaručeno, že je společnost globálně vždy blízko zákazníkovi a je zaručeno krácení dlouhých přepravních cest v průběhu distribuce. Kromě WITTE Automotive pod alianci VAST spadá americký partner STRATTEC SECURITY CORPORATION, který se zaměřuje především na vývoj, výrobu a prodej automobilových mechanických a elektronicky vylepšených zámků a klíčů. Od roku 2006 se k alianci VAST připojil také americký partner ADAC Automotive. Společnost ADAC Automotive se zabývá převážně vývojem, výrobou a samotným prodejem vnějších rukojetí dveří automobilu a rukojetí dveří v interiéru automobilu. (WITTE NEJDEK, SPOL. S R.O., ©2017)

Následující obrázek znázorňuje oblasti působení jednotlivých partnerů aliance VAST v rámci celého světa, kde je vidět celosvětová konektivita všech partnerů aliance. Z obrázku lze vyzorovat, že společnost WITTE Automotive se specializuje na evropský trh.



Obrázek 3: Celosvětová konektivita aliance VAST (Převzato z: WUENNENBERG, 2017, slide 2)

1.5.1 WITTE Automotive v Evropě

Jak již bylo řečeno výše, společnost WITTE Automotive, jako jedna z odnoží globální aliance VAST se v rámci trhu specializuje hlavně na Evropské státy. V rámci celé Evropy lze napočítat celkem dvanáct poboček WITTE Automotive, z nichž hned tři jsou lokalizovány v České republice. Kompletní výčet poboček WITTE Automotive

s uvedením lokality působení, rokem založení konkrétní pobočky a předmětem podnikání je uveden níže. Jednotlivé pobočky jsou chronologicky seřazeny podle toho, jak byly postupem času zakládány.

- *1. pobočka (sídlo společnosti):* **Lokalita:** Německo, Velbert
Vznik: 1899
Činnost: prodej a vývoj
- *2. pobočka (hlavní závod ČR):* **Lokalita:** Česká republika, Nejdek
Vznik: 1992
Činnost: prodej a vývoj, zpracování plastů, montáž
- *3. pobočka:* **Lokalita:** Německo, Bitburg
Vznik: 1995
Činnost: výroba plastů
- *4. pobočka:* **Lokalita:** Německo, Velbert
Vznik: 1999
Činnost: Speciální strojírenství
- *5. pobočka:* **Lokalita:** Německo, Stromberg
Vznik: 1999
Činnost: Technika pohonů
- *6. pobočka:* **Lokalita:** Německo, Wülfrath
Vznik: 2008
Činnost: Vstřikovna plastů, odlévání, lisování, montáž
- *7. pobočka:* **Lokalita:** Bulharsko, Ruse 1
Vznik: 2008

- | | |
|----------------|--|
| | Činnost: vývoj, montáž |
| ▪ 8. pobočka: | Lokalita: Francie, Paříž |
| | Vznik: 2008 |
| | Činnost: prodej a vývoj |
| ▪ 9. pobočka: | Lokalita: Bulharsko, Ruse 2 |
| | Vznik: 2014 |
| | Činnost: vývoj, montáž |
| ▪ 10. pobočka: | Lokalita: Česká republika, Plzeň |
| | Vznik: 2015 |
| | Činnost: vývoj |
| ▪ 11. pobočka: | Lokalita: Česká republika, Ostrov |
| | Vznik: 2016 |
| | Činnost: lakovna, zpracování plastů, montáž |
| ▪ 12. pobočka: | Lokalita: Švédsko, Göteborg |
| | Vznik: 2016 |
| | Činnost: prodej a vývoj (WUENNENBERG, 2017) |

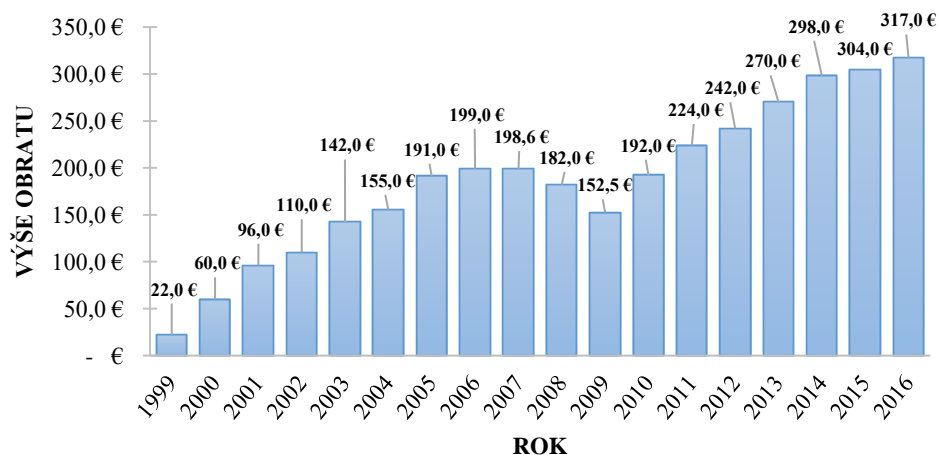
1.6 Vybrané hodnoty společnosti

1.6.1 Obrat společnosti

Níže je uveden graf znázorňující vývoj obratu společnosti WITTE Nejdek, spol. s r.o. od roku 1999 až po predikci na rok 2017 (predikce pro tento rok je stanovena na 297,5 mil. EURO). Výše obratu není uvedena v korunách, ale eurech, kvůli mezinárodní prezentaci ostatním pobočkám v Evropě. Negativní důsledky narůstající nejisté ekonomické situace vyvíjející se na českém trhu dopadly také na společnost WITTE a celý automobilový

průmysl. Důkazem této skutečnosti je výrazný propad obratu napříč roky 2008-2009. Avšak v současné době zaznamenává společnost výrazný progres a lze vidět patrný nárůst obratu oproti roku 2009, kdy za rok 2016 je obrat více než dvojnásobný.

Obrat společnosti WITTE Nejdek, spol. s r.o. (v mil. €)



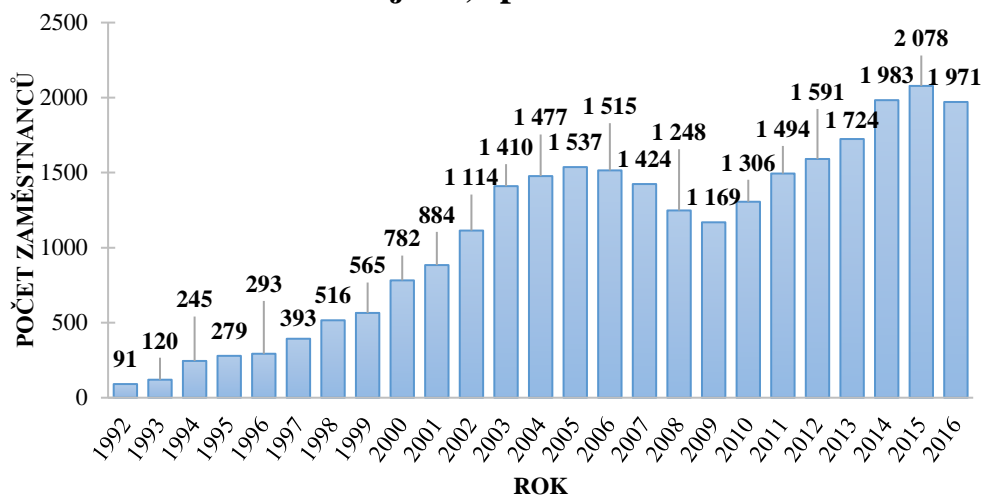
Graf 2: Vývoj obratu společnosti (v mil. €) (Převzato z: WUENNENBERG, 2017, slide 10)

1.6.2 Zaměstnanci

Vývoj počtu zaměstnanců

Na následujícím grafu je znázorněn vývoj průměrného počtu zaměstnanců od samého počátku působení společnosti na českém trhu. Je až neuvěřitelné, jaký progres společnost od svého vzniku zaznamenala, kde si lze všimnout nutnosti zvýšení počtu zaměstnanců v důsledku neustálého narůstání počtu zakázek z počátečního stavu 91 zaměstnanců až na současných 1 971, což je téměř o 1 900 zaměstnanců více než v době vzniku společnosti. Je zapotřebí také zmínit, že společnost od roku 2007 zaznamenává do ukazatele vývoje počtu zaměstnanců také působnost externích zaměstnanců.

Vývoj počtu zaměstnanců společnosti WITTE Nejdek, spol. s r.o.

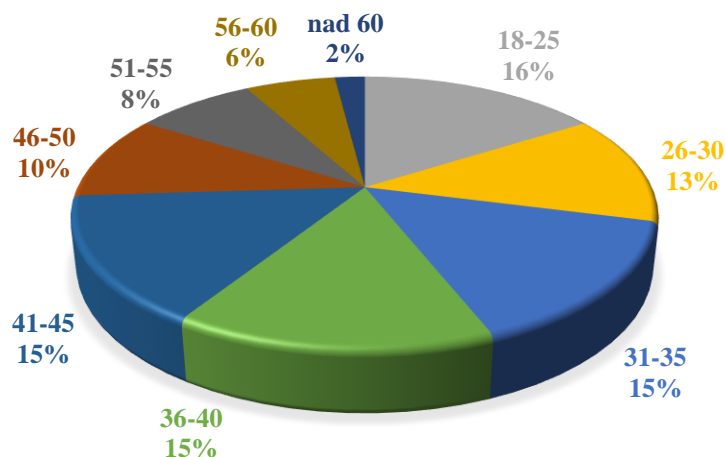


Graf 3: Vývoj počtu zaměstnanců od data založení společnosti (Převzato z: WUENNENBERG, 2017, slide 29)

Věková struktura zaměstnanců

Dalším zajímavým ukazatelem, u kterého si společnost vede statistiky meziročního vývoje, je věková struktura napříč všemi liniemi organizační struktury společnosti. Z grafu, který je uveden níže lze vypožorovat, že *největší koncentrace* zaměstnanců je ve společnosti v rozmezí věku *18–25 let*. Z toho lze konstatovat, že nejvíce zaměstnanců společnosti tvoří čerství absolventi škol. Na druhou stranu je pochopitelné, že *nejnižší koncentrace* zaměstnanců bude u lidí, kteří již jsou nebo se blíží důchodovému věku. Zaměstnanců v rozmezí věku *nad 60 let*, kteří mají ve společnosti podepsanou smlouvu jsou pouze 2 %. Věkový průměr společnosti potom vychází na *38,12 let*, data jsou aktuální k 31.12. 2016.

Věková struktura zaměstnanců společnosti WITTE Nejdek, spol. s r.o.

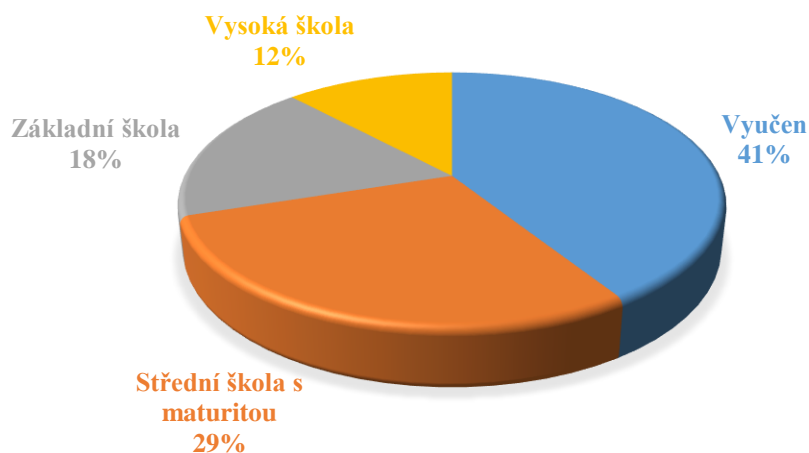


Graf 4: Věková struktura zaměstnanců společnosti k 31.12. 2016 (Převzato z: WUENNENBERG, 2017, slide 30)

Vzdělanostní struktura zaměstnanců

Další ukazatel společnosti, který se zaměřuje na zaměstnance pojednává o vzdělanostní struktuře zaměstnanců. V rámci tohoto ukazatele je patrné, že největší četnost dosaženého vzdělání napříč zaměstnanci společnosti je samozřejmě v případě středoškolského vzdělání bez maturity, jelikož nejvíce zaměstnanců je zapotřebí ve výrobě, s požadavkem na vyučení v oboru. Ve společnosti je také četnost zaměstnanců se základním vzděláním, kteří většinou vykonávají činnosti operátora výroby, kde především provádějí montáže komponent, dále jsou to například operátoři podlahových ploch. Druhá největší koncentrace zaměstnanců je ve společnosti se středí školou s maturitou, jelikož některé profese, jako např. obsluha robotů a lisů vyžaduje vyšší kvalifikaci zaměstnanců na obsluhu. Data jsou opět jako věková struktura zaměstnanců aktuální k 31.12. 2016.

Vzdělanostní struktura zaměstnanců společnosti WITTE Nejdek, spol. s r.o.



Graf 5: Vzdělanostní struktura zaměstnanců společnosti k 31.12. 2016 (Převzato z: WUENNENBERG, 2017, slide 30)

Z hlediska zabezpečení rozvoje společnosti i v rámci dalších let, by se společnost měla z hlediska vzdělanostní struktury do budoucna zaměřit na rozvoj náboru, ale i vlastní výchovy zaměstnanců převážně technicky zaměřených, převážně na absolventy a studenty technických oborů s maturitou, kdy vlastní výchovou jsou myšleny možnosti realizace praxí a stáží pro tyto studenty. S ohledem na budoucí vývoj by měl být kladen důraz na tyto zaměstnance kvůli digitalizaci napříč procesy realizovanými ve firmě v rámci industrie 4.0. Společnost má z hlediska lidských zdrojů, bez kterých by společnost nemohla vytvářet hodnotu pro zákazníky nakročeno dobrým směrem. Technické gramotnosti je v současné době přikládán stále větší význam, jelikož je to jedním ze základních cílů efektivního využití potenciálu zdrojů společnosti, ale také pro implementaci digitalizace a celkový úspěch na trhu.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

2.1 Lean management

Pokud chce v dnešní době na trhu být výrobní firma (a nejen ta) úspěšná je, zapotřebí optimalizovat procesy napříč celou firmou. V současnosti často uplatňovaná filozofie, převážně v automobilovém průmyslu, je štíhlá výroba. Prvotním impulsem rozšíření štíhlé výroby byl realizovaný výzkum, který se uskutečnil v USA na konci osmdesátých let. Hlavním záměrem tohoto výzkumu bylo zjistit příčinu toho, proč výrobci automobilů stále více zaostávají za výrobci automobilů v Japonsku. Výsledky výzkumu prokázaly značné rozdíly a preciznost v japonském stylu řízení výroby. Neuvěřitelným zjištěním uskutečněného výzkumu bylo, že japonští konkurenti využívají mnohem méně operátorů ve výrobě, vykazují výrazně menší zásoby, tedy efektivněji vážou náklady, nepotřebují velké množství dodavatelů, vykazují mnohem efektivnější využití pracovních ploch, tedy efektivní rozmístění layoutu, i přesto dosahovali mnohem větší produktivity než konkurence a výrazně kratší dodací lhůty k zákazníkovi. (KEŘKOVSKÝ, 2001)

Z toho tedy vyplývá, že koncept štíhlé výroby se zrodil v Japonsku. „*Ten spočívá ve výrobě pružně reagující na požadavky zákazníka a poptávku, která je řízena decentralizovaně, prostřednictvím flexibilních pracovních týmů, při malé hloubce výroby (nízkém počtu na sebe navazujících výrobních stupňů).*“ (KEŘKOVSKÝ, 2001, str. 65)

Řízení štíhlé výroby (lean management) je především zacíleno na maximalizování spokojenosti zákazníků. Prostřednictvím filozofie lean managementu můžeme vygenerovat čtyři základní principy:

- *Princip „pull“*: v principu lean managementu princip „pull“ znamená, že se výrobní zakázky již neprotlačují (push systém) výrobou, jak tomu bylo kdysi. Zakázky prováděné principem „pull“ se táhnou výrobním procesem tak, že každý zaměstnanec působící na určitém pracovišti, které je jednou z fází výroby, má zodpovědnost, aby zajistil požadavky na výrobek, které na něj kladou další výrobní stupně. V tomto pojetí tak lze mluvit o interním zákazníkovi. Hlavním významem „pull“ principu je snížení stavu mezioperačních zásob a zkrácení průběžné doby výroby.

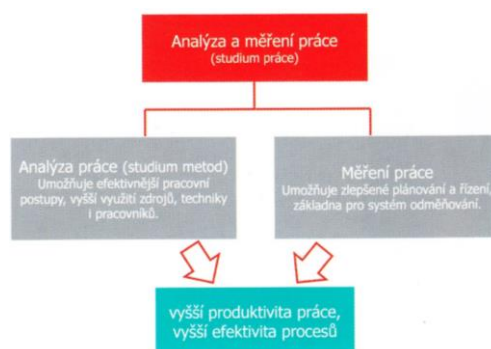
- *Princip eliminace plýtvání a zefektivnění hodnotového řetězce:* jedná se o snahu, aby se zamezilo některé z forem plýtvání od prvotního impulsu k realizaci zakázky až po dopravu k zákazníkovi, kterého má být dosaženo správným plánováním a kontrolou celého procesu. Formám plýtvání se věnuje samostatná kapitola této práce, proto zde nemá význam tento princip více rozebírat.
- *Princip nepřetržitosti:* ve smyslu nepřetržitého procesu zlepšování napříč všemi procesy uskutečňovanými ve firmě, které cíleně napomáhají ke spokojenosti zákazníka.
- *Princip zacílení na klíčové aktivity:* který spočívá v zhodnocování klíčových aktivit, které přispívají k zákaznickému uspokojení. Klíčové aktivity si firma určí tím způsobem, že vyčlení ty aktivity, které vykovává lépe než konkurence. (KEŘKOVSKÝ, 2001)

2.2 Analýza a měření práce

Pro začátek této kapitoly je zapotřebí si uvědomit, že v současné době je problémem nedostatek kvalifikovaných pracovníků a v českých výrobních firmách i nadále převládá manuální práce, tedy není prozatím příliš rozšířeno industry 4.0. Manuální úkony operátorů následně tvoří nezanedbatelnou část ceny samotného výrobku, proto je předmětem zájmu každé výrobní firmy analyzovat a měřit právě tuto manuální práci, kterou lze následně optimalizovat a ušetřit tak výraznou část výrobních nákladů a moci tedy zákazníkům výrobky nabízet za atraktivnější ceny než konkurence. Určení, tedy rozpoznání potenciálu zlepšení stávajících firemních procesů je základem úspěchu v případě neustálé optimalizace procesů napříč společnostmi. Nepřetržité zlepšování je v dnešní době nutností, pokud chce společnost být na trhu úspěšná. Jednou z možných forem, jak zaznamenat potenciál zlepšení jsou snímkové tabulky, kdy nejprve identifikujeme klíčové aktivity procesu, dále těmto aktivitám stanovíme váhy významnosti, potom lze nastínit současný stav aktivit a v posledním kroku provedeme zhodnocení dle stanovené bodové škály. V poslední fázi vyjádříme cílový stav klíčových aktivit dle předchozího přiřazení z bodové škály. (UČEŇ, 2008)

K budoucí optimalizaci procesů nám napomůže právě analýza a měření práce, což je základní znalostí, kterou ovládají průmysloví inženýři i Lean specialisté. Analýza

a měření práce je poměrně banální, ale na druhou stranu velice důsledným nástrojem, který napomáhá eliminovat neefektivní procesy a redukovat formy plýtvání napříč výkonem výrobních operací. Analýza a měření práce může napomoci ke stanovení žádaného pracovního postupu a také nám může pomoci definovat nutné časové náročnosti jednotlivých operací vykonávaných na analyzovaném pracovišti. Zde následně rozpoznáváme dvě základní skupiny nutných úkonů. V první řadě je zapotřebí zabývat se pracovními operacemi, kde je hlavním cílem identifikovat již zmiňované plýtvání. Dalším krokem je zjednodušení celého procesu pracovních úkonů v průběhu operací nutných k dosažení zákaznických požadavků. Druhá fáze je potom věnována samotnému měření spotřeby času konkrétních činností na lince. Následující schéma více než efektivně vystihuje podstatu analýzy a měření práce, kde analýzu a měření práce můžeme rozdělit na poloviny a souběžným úsilím následně lze dosáhnout vyšší produktivity a vyšší efektivity práce a operací obsahující samotnou práci. (DLABAČ, 2016a)



Obrázek 4: Analýza a měření práce (Zdroj: DLABAČ, 2016, str. 4)

Prvotním úkonem, kterého musíme při měření práce docílit, je určení spotřeby času operací prováděných na analyzované lince. Následně z nasbíraných dat můžeme vycházet pro účely stanovení objektivní normy spotřeby času. (DLABAČ, 2016a)

2.2.1 Měření práce

K měření práce existuje řada metod, mezi ty nejpoužívanější patří *časové studie*. Další a v současné době často využívanou metodou měření práce je *systém předem určených časů*. Rozdíl mezi časovými studiemi a systémem předem určených časů je ten, že v případě časových studií je časová norma na pracovišti stanovena přímým měřením (např. prostřednictvím stopek), kdežto v případě systému předem určených časů

stanovujeme časovou normu nepřímo, jelikož vycházíme z předem definovaných časů konkrétních činností. (DLABAČ, 2016a)

2.2.2 Časové studie (přímé měření)

Časové studie jsou zaměřeny na určení množství času potřebného k provedení jednotky práce a skládá se z procesu pozorování a zaznamenávání času potřebného k provedení všech elementů potřebných k uskutečnění určitého úkonu. Zaznamenání časů jednotlivých elementů nám určí nezbytný čas práce k dokončení analyzovaného úkonu. Time study (časové studie) je technika na měření práce pro zaznamenávání časové náročnosti konkrétních činností. Mimo definování časové náročnosti nám časové studie napomáhají k definování časových ztrát a následné identifikaci jejich příčin.

Hlavním cílem časových studií je určit přímým pozorováním množství lidské práce pro definovaný úkon a tím pádem stanovit standardní čas, ve kterém by měl průměrný pracovník pracující běžným tempem dokončit úkon pomocí předem specifikovaných metod. Mezi další cíle patří např.:

- stanovení standardu práce pro uspokojivý výkon linky,
- porovnání alternativních metod s cílem vybrat nejlepší metodu,
- vybalancovat práci operátorů ve výrobních nebo montážních linkách,
- určení času cyklu pro dokončení úkonu. (RASTOGI, 2010)

Jiná kniha, konkrétně kniha od Řezníčka (1967) definuje časové studie, jako činnosti, které se zaměřuje na měření časové náročnosti pro vykonání konkrétní práce, dále činnosti určující ztráty, které jsou definovány v jednotkách času, dále se časové studie pozastavují nad tím, co je příčinami vykazovaných ztrát. Časové studie jsou následně východiskem k normování a organizaci práce. Tyto studie jsou úzce spjaty s pohybovými studiemi, které dohromady jako celek slouží nejen k organizaci a normování práce, ale jsou podkladem pro zkoumání výkonnosti operátora během směny a zkoumání nutnosti úpravy pracovních procesů. Časové studie jsou neodlučitelnou součástí analýzy práce a pomocí nich lze vytvářet úvahy o časové ekonomii pohybů operátorů na analyzované lince. (ŘEZNÍČEK, 1967)

Na časové studie (přímé měření) můžeme pohlížet ze dvou hledisek. První hledisko je zaměřené na sledování pracovníků, v tomto případě tedy hovoříme o *snímku pracovního dne*. V případě, že je měření práce zacíleno na sledování a definování časů jednotlivých operací, jedná se o tzv. *chronometráž*. (DLABAČ, 2016a)

Časové studie pomocí stopek

I když v současné době je realizace časových studií prostřednictvím stopek již poněkud zastaralá a neefektivní, je na místě tuto techniku studie zmínit, jelikož je to základ pro všechny další způsoby sběru časových dat.

Realizace časových studií pomocí stopek zahrnuje:

- výběr práce, která bude podrobena studii,
- výběr operátora, který bude podroben studii,
- provedení časové studie (prostřednictvím stopek).

Před samotnou analýzou časových studií je zapotřebí důkladně zvážit *výběr operátora, který bude podroben časové studii*. Ideální operátor by měl být kvalifikovaný. Hlavním a logickým důvodem je, že tento operátor umí pracovat na lince rychle a efektivně, na druhé straně nekvalifikovaný operátor by vykazoval časté plýtvání a časová studie by nebyla objektivní.

Při samotném provádění časové studie jsou zahrnuty různé aktivity, mezi které patří např.: získávání a zaznamenávání všech dostupných informací o práci, dále zaznamenávání způsobů, jak dělat konkrétní pracovní úkony a jejich rozebrání na prvky (dále jen elementy). Element je část specifického úkonu, který je zvolen pro pohodlí pozorování, měření a analyzování. Níže jsou uvedeny různé typy elementů:

- *opakující se elementy (Repetitive element)*: ty se vykytují v každém pracovním cyklu úkonu,
- *příležitostné elementy (Occasional element)*: vyskytující se v určitých intervalech,
- *ruční elementy (Manual element)*: ty jsou prováděny ručně,
- *strojní elementy (Machine element)*: jsou vykonávány automaticky strojem,
- *cizí elementy (Foreign element)*: jedná se o zbytečné elementy v rámci prováděného úkonu apod.

Jednou z nejdůležitějších skutečností, kterou nám provedení časové studie konkrétního pracoviště přinese, je změření skutečné časové náročnosti jednotlivých elementů a následné porovnání s aktuální normou stanovenou na pracovišti. (RASTOGI, 2010)

Snímek pracovního dne

Snímky pracovního dne slouží ke zjištění vytíženosti jednotlivých operátorů, zda přispívají efektivně k uspokojení zákaznických požadavků a zda jsou tedy zakázky zhotoveny v požadovaném termínu. Další funkcí snímku pracovního dne je možné vypořádání nedostatků napříč celým procesem na konkrétním pracovišti, od dodávky materiálu až po samotnou kompletaci výrobku.

Snímek pracovního dne je skupina metod, která slouží k nepřerušovanému (nepřetržitému) pozorování předem určeného pracoviště (práce i přestávek v průběhu směny). Hlavním cílem, kvůli kterému jsou snímky pracovního dne využívány je přehodnocení organizovanosti práce a pracovišť pozorované linky. Samotné výsledky pozorování jsou následně využity k odstranění zjištěných nedostatků. Mezi nedostatky, které mohou v průběhu pozorování nastat řadíme ztráty, které brání zvyšování produktivity práce. Následně je nutné vytvořit nápravná opatření, aby tyto nedostatky již příště nevznikaly. Z nakumulovaných údajů snímku pracovního dne vznikne bilance skutečné spotřeby času, která je rozdělena na činnosti, které byly vynaloženy nutně k výkonu určité operace a na činnosti, které lze označit za plýtvání a k výkonu konkrétní operace nijak nenapomohly. (ŘEZNÍČEK, 1967)

Dlabač (2016a) definuje cíle snímku pracovního dne jako získání rámcového přehledu o spotřebě času jednotlivých činností, dále rozpoznání forem plýtvání a v konečné řadě definice poměru přidané a nepřidané hodnoty snímkaných činností. Jednou z hlavních předností přímého měření je, že pozorovatel stráví značné množství času přímo v provozu firmy a získá tak ucelený pohled na průběh jednotlivých operací. Na druhou stranu největší nevýhoda přímého měření spočívá ve velké časové náročnosti analýzy naměřených dat, v případě, že pozorovat využije k měření stopky a bude ručně zapisovat údaje do připraveného formuláře.

Momentkové pozorování

Momentkové pozorování lze označit za hospodárnější metodu snímku pracovního dne. Tato metoda je založena na měření času skrze namátkově provedená pozorování předem určených pracovišť a dokumentaci všech činností, které se udály v pozorovaném úseku směny operátora (v pozorovaných momentech). Momentkové pozorování je následně shodné s výsledky, kterých bylo dosaženo nepřetržitým pozorováním průběhu celé směny na všech pracovištích (snímek pracovního dne). (ŘEZNÍČEK, 1967)

2.2.3 Systém předem určených časů (nepřímé měření)

Principem nepřímého měření je rozdělení dílčích úkonů na základní pohyby. Těmto definovaným základním pohybům posléze můžeme přiřadit index, který je definován různou náročností k výkonu činnosti. Každý index náročnosti základní činnosti má přidělenou vlastní časovou náročnost.

Pokud chceme analyzovat práci nepřímým měřením, základním cílem je správná definice typů pohybů, které vykonává analyzovaný pracovník. Druhým krokem je poté správné přiřazení indexu dle náročnosti operace, který následně představuje časovou náročnost dané operace. Rozlišujeme dva základní přístupy k systému předem určených časů, mezi které patří systém *MTM* (Methods Time Measurement) a *MOST* (Maynard Operation Sequence Technique). Maynardově technice sekvencí činností (*MOST*) se bude dále věnovat blíže samostatná kapitola.

Maynardova technika sekvencí činností (MOST)

Maynardova technika sekvencí činností (dále jen *MOST*) je jednou z řady metod sloužící k měření časové náročnosti pracovních operací prostřednictvím systému předem určených časů. Oproti metodám, které vycházejí z přímého měření je tato metoda o poznání rychlejší z pohledu samotné analýzy dat, přitom je zaručeno, že nedojde ke ztrátě přesnosti výsledných hodnot. *MOST* rozpoznává osm aktivit, kterým následně přiřadíme index, který představuje míru složitosti vykonat operaci. (ŠTŮSEK, 2007)

Rodina MOST

- *Mini MOST*: touto metodou se měří všechny cykly, které jsou krátké (proto mini) a trvají 2–10 sekund.
- *Basic MOST*: je nejčasnější metodou, s kterou se můžeme setkat a nachází uplatnění u všech těch cyklových časů, které trvají v rozmezí 10 sekund až 10 minut.
- *Maxi MOST*: sem spadají neopakující se operace, které se vyznačují dlouhým cyklem, kde z hlediska doby trvání hovoříme o desítkách minut až hodinách.
- *Admin MOST*: touto metodou měříme administrativní operace a principem se podobá Basic MOSTu. (VAVRUŠKA, 2011)

Již bylo uvedeno, že primárním cílem měření práce je stanovení normy spotřeby času. Avšak je zapotřebí mít na paměti, že samotný výstup z přímého nebo nepřímého měření nelze považovat za finální normu spotřeby času. K naměřenému času, který získáme jednou z uvedených metod musíme přidat *přirážku na osobní potřeby* a dále *přirážku na abnormality*, které mohou v průběhu směny nastat. Tato přirážka je ve většině firem nejčastěji stanovena v rozmezí 5–10 %. (DLABAČ, 2016a)

2.2.4 Analýza procesů

Průkopníkem v oblasti analýzy, komplexního zlepšování a zefektivňování procesů je Taiichi Ohno, který je otcem TPS (Toyota Production System). Mimo jiné aktivity se proslavil trénováním manažerů. Při samotném trénování postupoval tak, že manažerům vyznačil ve výrobní hale prostor, ze kterého dlouhé hodiny měli následně sledovat výrobní proces prováděný na konkrétní lince. V rámci jedné až dvou hodin manažeri začali chápat význam tohoto pozorování. Náhle se začali ve výrobním procesu všimát věcí, kterých si dříve nevšimli, od abnormalit vznikajících v procesu, až po plýtvání. Konečným výsledkem tohoto pozorování následně je definice nápadů na možné scénáře řešení konkrétních problémů. (Košturiak, 2010)

V závislosti na tom, jaký konkrétní proces chceme analyzovat a čeho chceme dosáhnout, lze vybírat z různých metod pozorování a analýz:

1. *Fotografování*: využití nachází hlavně v zaznamenávání aktuálního stavu na pracovišti, od dokumentace abnormalit po zachycení nepořádku na analyzovaném pracovišti.
2. *Videozáznamy*: slouží převážně k měření práce a definici norem výkonu. Dále lze videozáznam využít např. při analyzování a zkracování časů jednotlivých činností na lince a zlepšování ergonomie při výkonu operací operátory.
3. *Snímkování pracoviště*: které využijeme převážně pro grafickou vizualizaci činností přidávajících a nepřidávajících hodnotu.
4. *Audity procesů v podniku* a další.

Níže je uveden obrázek, který zachycuje příklad fotografování abnormalit a plýtvání na pracovišti:



Obrázek 5: Příklady fotografování abnormalit a plýtvání (Zdroj: KOŠTURIÁK, 2010, str. 28)

2.2.5 Plnění výkonových norem

Po samotném vykonání některé z metod časosběrných studií lze následně změřit dosažený výkon operátora nebo skupiny operátorů v prostřední skupiny pracovišť uvnitř linky. Dosažený výkon lze vyjádřit skrze procentní poměr, který vyjádříme poměrem normovaného času a času skutečně spotřebovaného ve sledovaném období. K výpočtu plnění výkonových norem lze použít tento základní vzorec, který uvádí ve své knize Řezníček (1967, str. 227):

$$P = \frac{\sum T_{norm.}}{\sum T_{skut.}} * 100$$

Kde P = procento plnění norem,

$\sum T_{norm.} = \text{součet normativních časů všech prací,}$

$\sum T_{skut.} = \text{součet skutečně odpracovaných časů na vykonané práci.}$

V rámci analýzy pracoviště je efektivní vyjádřit si tzv. index přidané hodnoty (VAi). Tento index lze vyjádřit pomocí formuláře, do kterého se zaznamenávají činnosti přidávající hodnotu, dále činnosti, které můžeme zahrnout pod kategorii plýtvání a činnosti nepřidávající hodnotu, avšak ty činnosti, které jsou nezbytně nutné k vykonání práce. U všech těchto definovaných činností vždy přiřadíme jejich čas trvání v rámci pozorovaného intervalu do příslušného sloupce, pro který je daná činnost charakteristická, následně posčítáme hodnoty jednotlivých sloupců. Pro konečný výpočet podělíme sumu času přidané hodnoty celkovým časem trvání všech činností tabulky. Tento formulář uvádí ve své knize Košturiak (2010) a vypadá následovně:

Tabulka 2: Formulář pro výpočet indexu přidané hodnoty (Upraveno dle: KOŠTURIK, 2010, str. 31)

Přidaná hodnota		Plýtvání		Nepřidaná hodnota ale nutná práce	
Činnost	Čas	Činnost	Čas	Činnost	Čas
Suma					
Index přidané hodnoty (%) = $\frac{\sum \text{činnosti přidávající hodnotu}}{\sum \text{celkové trvání činností}} * 100 =$					

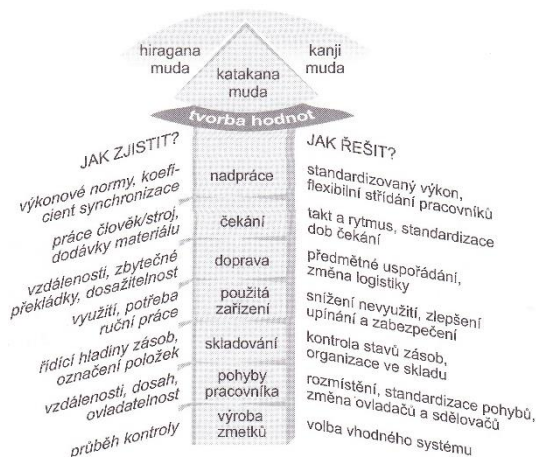
2.3 Analýza synchronizace práce

Hlavním účelem stanovení kapacitních norem a norem spotřeby času pracovníků je zajištění požadované produktivity práce. Samotná synchronizace pracovních úkonů pracovníka a stroje často nebývá na takové úrovni, aby bylo zamezeno zbytečnému čekání, bylo zajištěno, že pracoviště je efektně a vhodně uspořádané, nejsou vykazovány zbytečné pohyby, není potřeba hledání pracovních pomůcek apod. K tomuto účelu slouží analýza synchronizace práce, která má při implementaci pozitivní vliv na průběžnou dobu výroby, kvalitu celého procesu výroby, produktivitu práce, bezpečnost a namáhavost práce, dále může být pozitivně ovlivněna také zásoba nedokončené a rozpracované výroby.

Časovým studiím tedy předchází pohybové studie, které nám pomohou identifikovat zbytečné činnosti a dále činnosti nepřidávající výrobku přidanou hodnotu. Hlavním cílem pohybových studií je identifikace všech forem plýtvání, které vznikají v průběhu výrobního procesu, na který se v rámci analýzy zaměřujeme. Efektivní metodou, která slouží k odhalování forem plýtvání je japonský princip *muda*. Pojem *muda* znamená dle překladu z japonštiny plýtvání. Autorem tohoto principu je Hitoshi Takeda, který uvádí tři hlavní skupiny plýtvání:

- *Katakana-muda*: tento pojem zahrnuje vše, co lze z pracovního postupu vyloučit, tedy ty činnosti, které nejsou nutné k vykonání konkrétní činnosti. Mezi tyto činnosti patří např. čekání, hledání, nutnost přemýšlení, rovnání komponent, chůze pro potřebné komponenty a další. Tyto formy plýtvání napříč procesy ve výrobních provozech jsou nejsnadněji identifikovatelné.
- *Kanji-muda*: v rámci tohoto pojmu je zahrnuto plýtvání, které vykazují strojní a další zařízení. Plýtvání v tomto ohledu zahrnuje např. nevyužití kapacit strojů, dlouhé přísunové cesty komponent k strojním zařízením apod. Hlavním projevem plýtvání v tomto ohledu je čekání stroje nebo operátora.
- *Hiragana-muda*: poslední kategorie v rámci plýtvání zahrnuje nedostatky v stávajícím řešení konkrétního pracoviště. Tato forma plýtvání zahrnuje špatnou ergonomii nastavenou na pracovišti. Špatná ergonomie se projevuje např. nevhodným umístěním pracovních pomůcek, způsob odebírání výrobků a další neefektivně definované (nastavené) činnosti. Identifikace těchto činností není tak snadná jako v případě první kategorie, avšak jejich identifikace je o to důležitější. (TOMEK & VÁVROVÁ, 2014)

Na tomto místě bych ještě rád uvedl příklad toho, jak jednotlivé nedostatky poznat a následně odstranit z výrobního procesu. Tento příklad uvádí následující obrázek:



Obrázek 6: Příklad řešení problémů plýtvání (Zdroj: TOMEK & VÁVROVÁ, 2014, str. 134)

2.4 Ergonomie na pracovišti

Je velice důležité, avšak firmami mnohdy opomíjeno, správné ergonomické projektování pracovišť společnosti, převážně potom těch pracovišť, kde značně převládá manuální práce operátora. Správné nastavení ergonomie pracovišť přispěje k *zvýšení efektivity pracovních pohybů*, které následně vedou k *redukci spotřeby času operace*. Dále správná projekce pracoviště po ergonomické stránce přispívá k *redukci negativních dopadů pracovního prostředí* na operátora a *redukci rizika trvalých zdravotních následků*.

Pro správnou implementaci ergonomických zásad je na místě provádět ve společnosti ergonomické audity, které by měly hodnotit především následující oblasti:

- *Dodržování zákonných předpisů*, které jsou definovány pro konkrétní typ práce (např. hranice pro zvedání těžkých břemen),
- *názor na ergonomii na pracovišti samotných operátorů*,
- *určité parametry konkrétního pracoviště* (např. zaměřit větší pozornost na pracoviště se zvýšenou zrakovou zátěží).

Po samotném ergonomickém auditu je zapotřebí provést nápravná opatření na pracovištích, kde byla ergonomie vyhodnocena jako nevyhovující. Prvotním úkonem v případě nápravných opatření je *fyzická úprava pracoviště*, následuje *optimalizace pracovního postupu*. Pokud mluvíme o fyzické úpravě pracoviště, jedná se nejčastěji o úpravu výšky pracovní plochy, reorganizace uložení materiálu, úprava velikosti pracovní plochy, změna osvětlení apod. (DLABAČ, 2016b)

2.4.1 Možné ergonomické parametry

Každý podnik je specifický a vyžaduje unikátní ergonomické požadavky, avšak lze zmínit některé parametry ergonomie, které se prolínají napříč společnostmi. Patří sem zejména:

- *Definice vyhovující pracovní polohy:* výkon práce vsedě, vestoje, či kombinace pracovního poloh.
- *Stanovení optimální výšky pracovní plochy:* výška pracovního stolu, pracovní desky apod.
- *Zajištění dostatečného volného pracovního prostoru:* aby pracovníkovi nepřekážely v pohybu žádné předměty apod.
- *Optimalizace manipulační zóny a zóny dosahu:* vše, pokud možno na dosah a zabránění křížení rukou, vyvarovat se ohýbání pro potřebný materiál apod.
- *Manipulace s břemeny:* zamezit přetěžování pracovníka.
- *Dbát na vhodné zorné podmínky při práci:* kvalitní osvětlení apod. (DLABAČ, 2016b)

2.5 Technická příprava výroby

Technická příprava výroby, v praxi se často setkáme se zkratkou TPV, zahrnuje soubor činností, které mají zaručit následující vlastnosti, kterými by finální produkt měl následně disponovat:

- technicky a ekonomicky efektivní řešení,
- organizace výrobního procesu a technologie dle požadavků trhu,
- s definovanými ekonomickými a mimoekonomickými cíli, kterých chce společnost s konkrétním produktem/službou dosáhnout,
- tyto činnosti sladěny s technologickými a kapacitními možnostmi dané společnosti.

„Obvykle se rozlišuje technická příprava výroby:

- *vývojová, spojená se vznikem nových výrobků,*
- *provozní, spojená se změnami, eventuálně s různými úpravami výrobku stávajícího.“*
(TOMEK & VÁVROVÁ, 2014, str. 52)

Úkoly technické přípravy výroby (TPV) lze shrnout ve třech základních bodech:

1. Nejprve je zapotřebí připravit výrobek podle konkrétních požadavků trhu, dále je důležité přihlídnout také k efektivnosti dané firmy.
2. V druhém kroku je zapotřebí definovat postupy výroby, dále které zařízení, nářadí a přípravky budou k výrobě zapotřebí a jaký materiál bude použit.
3. V rámci třetího kroku je řešena samotná optimalizace výrobního procesu. Na tuto optimalizaci lze pohlížet jak z věcného, tak z prostorového a časového hlediska.

Pokud se zaměříme na samotný rozsah zahrnutých činností, lze TPV rozdělit do tří kategorií. Mezi tyto kategorie patří konstrukční příprava výroby, technologická příprava výroby a organizační příprava výroby. Pro účely této práce rozvedu pouze třetí kategorii technické přípravy výroby, která pojednává o organizační přípravě výroby, jelikož konstrukční ani technologickou problematikou se v rámci analytické a návrhové části práce zabývat nebude. (TOMEK & VÁVROVÁ, 2014)

2.5.1 Organizační příprava výroby

Pod touto částí přípravy výroby je zahrnuta synchronizace činností a komunikace výrobních složek s konstrukčními nároky, technologií a také s pracovišti, které zajišťují výrobní proces. „Patří do ní zejména:

- *uspořádání výrobního procesu,*
- *uspořádání materiálového toku,*
- *rozhodnutí o použití pomocných a dopravních zařízení,*
- *rozhodnutí o použití pomocných a dopravních zařízení,*
- *iniciační jednání s dodavateli a zajištění materiálu,*
- *zajištění kooperačních vztahů,*
- *zácvik pracovníků.“* (TOMEK & VÁVROVÁ, 2014, str. 57)

2.6 Totálně produktivní údržba (TPM)

Celková produktivní údržba, z amerického originálu *Total Productive Maintenance* (TPM), je pokročilou výrobní technikou, která se zaměřuje na maximalizaci celkové účinnosti jakéhokoliv zařízení používaného při výrobě zboží a služeb. (WIREMAN, 2004)

2.6.1 Cíle TPM

Totálně produktivní údržba má následujících pět cílů (literatura v tomto smyslu často hovoří o pojmu „*pilíře TPM*“):

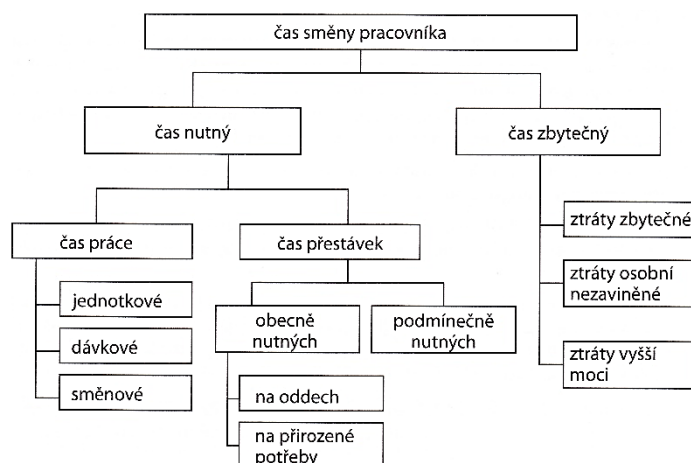
1. Zlepšení efektivity zařízení,
2. Zlepšení efektivity a účinnosti údržby,
3. Včasná řízení nových zařízení a prevence jejich údržby,
4. Školení pro účely zlepšení dovedností všech zúčastněných osob,
5. Zapojení operátorů do běžné údržby. (WIREMAN, 2004)

2.7 Normy spotřeby času

„Normy vyjadřují optimální spotřebu živé práce na určitý pracovní výkon na určitém pracovišti za určitých podmínek.“ (JUROVÁ, 2016, str. 181)

Z hlediska normování práce lidského faktoru je důležité definování pracovního času a nejefektivnějšího počtu pracovníků působících na lince. Dále je samozřejmě nutno brát ohled na bezpečnost a zdraví při práci, kde mimo jiné je zapotřebí (hlavně při zavádění nového layoutu) dbát také na správnou ergonomii práce jednotlivých operátorů a nepřetěžování operátorů nadměrnými břemeny (pro tyto účely slouží např. ruční jeřáb apod.). Pro účely řízení výroby je převážně zapotřebí definovat normu výkonu (normu času). Primárním cílem definování časových norem je určit optimální spotřebu času na jednotlivé pracovní úkony prováděných na konkrétní lince. Nejprve je zapotřebí zhodnotit stávající situaci provádění činností. Až po zmapování současného pracovního postupu a navržení případných změn můžeme přejít k samotnému normování času.

Pro účely normování času je zapotřebí uvědomit si, že čas práce se dělí na čas normovaný a rovněž na čas nenormovaný, který nastává neplánovaně a nečekaně, proto jej nelze normovat. Pro tyto účely lze vycházet z následujícího obrázku třídění pracovního času pracovníka, jak uvedla ve své knize Jurová a kol. (2013):



Obrázek 7: Struktura spotřeby času pracovníka v pracovní směně (Zdroj: JUROVÁ, 2013, str. 168)

„Čas normovatelný: společné označení všech druhů spotřeby času, které jsou nutné pro účely průběhu pracovní směny. Normovatelný čas se skládá z času práce, z času obecně nutných přestávek a z času podmíněně nutných přestávek.“ (ŘEZNÍČEK, 1967, str. 32)

Zde uvádím také podrobnější vysvětlení vybraných položek normovaného času:

- *čas obecně nutných přestávek*: tato položka zahrnuje čas na oddech a fyziologické potřeby operátora,
- *čas podmíněně nutných přestávek*: sem patří úzká místa v současné organizaci práce, které není možné za stávajících podmínek odstranit (např. organizace zásobování). (TOMEK & VÁVROVÁ, 2014)

Dle Řezníčka (1967) lze jednotlivé části času pracovníka během směny charakterizovat následovně:

- *čas nutný*: pod toto označení spadají všechny časy činností, které jsou nezbytné pro vykonání konkrétní operace,
- *čas obecně nutných přestávek*: tyto přestávky v průběhu směny vznikají souhrnně vlivem fyziologických potřeb operátora (čas přestávek na svačinu, čas na přirozené potřeby a čas na oddech),
- *čas podmíněně nutných přestávek*: pod tento pojem lze souhrnně zahrnout čas v průběhu směny, který nastává v důsledku specifické organizace práce každého pracoviště (např. čekání operátora na dokončení automatické činnosti výrobním zařízením),

- *čas práce*: všechny čas, prostřednictvím kterého jsou vykonávány operátorem nezbytně nutné úkony k vykonání konkrétní operace.

Vzhledem ke skutečnosti, že každé pracoviště je specifické a odlišuje se od ostatních, je na místě využívat více různých metod normování času na pracovišti. Metod pro normování času práce je velké množství, na tomto místě uvádím pouze nejpoužívanější metodu normování času, jelikož pro účely této práce má dostačující charakter.

- *Metody rozborově výpočtové*: jak již vyplývá z názvu této metody, podstatou je rozbor operací na konkrétní pracovní úkony a také pohyby, které následně jako celek definují spotřebu času. Základem těchto metod stanovení norem časové náročnosti práce jsou mikropohybové studie, kde lze vycházet z celé řady metod, které vycházejí z různých seznamů pohybů s přiřazeným normativem času. Některé firmy si dokonce definují vlastní standardy norem času dle specifikace činností, které jsou ve společnosti zastoupeny. Doba trvání každé ze stanovených činností zahrnuje velmi krátký časový úsek, který je obtížně měřitelný v klasických časových jednotkách, v rozborově výpočtových metodách se využívá specifická jednotka „*TMU (Time Measurement Units)*“, která je specifikována jako *0,00001 hodiny; 0,0006 minuty; 0,036 sekundy*.

Mezi nejrozšířenější metody v rámci metod rozborově výpočtových se řadí *metoda MOST (Maynard Operation Sequence Technique)*, kterou lze využít v širokém spektru metod. Využití MOSTu začíná definováním norem spotřeby času ručních a strojně-ručních činností, další možností využití je také optimalizace uspořádání layoutu pracoviště a taktéž při analýze a optimalizaci stávajících metod práce apod. (TOMEK & VÁVROVÁ, 2014)

2.8 Průběžná doba výroby

Je důležité uvědomovat si rozdíl mezi průběžnou dobou výrobku a průběžnou dobou výroby, jelikož každý z těchto pojmů představuje odlišnou strukturu činností napříč výrobními operacemi.

Pod pojmem *průběžná doba výrobku* si můžeme představit celý cyklus výroby. Tento cyklus zahrnuje činnosti začínající od prvotního impulsu pro vývoj výrobku, až po

ukončení cyklu expedicí, případně dalšími odbytovými činnostmi nutných k zajištění výrobku.

Na druhé straně *průběžná doba výroby* zahrnuje kombinaci řady časů, mezi které patří čas technologický, netechnologický a čas přerušení. Pod pojmem průběžná doba výroby si zkráceně můžeme představit časový úsek od provedení prvotní činnosti až po okamžik předání výrobku na sklad.

- *Čas technologický*: zahrnuje např. ruční operace, strojní operace, automatické operace apod.
- *Čas netechnologický*: představuje přípravu pracoviště, seřizování strojního zařízení, nakládání a vykládání, kontrolu jakosti výrobku apod.
- *Čas přerušení*: lze chápat např. jako čas vzniklý poruchou stroje nebo jeho údržbou, nedostatkem materiálu, zbytečnou prací zapříčiněnou nedostatečnou přípravou ze strany operátora apod. (TOMEK & VÁVROVÁ, 2014)

2.8.1 Výrobní cyklus jedné operace pro jeden kus výrobku

Pro potřeby stanovení normativu časové náročnosti výroby lze vycházet z následujícího jednoduchého vzorce výrobního cyklu. Jediným úskalím může být nutnost brát v úvahu fakt, zda současně na jednom pracovišti není opracováváno větší množství kusů konkrétních výrobků. Výpočet výrobního cyklu jedné operace, jak uvádí ve své knize Tomek a Vávrová (2014, str. 159), je následující:

$$T_c = \frac{t_k}{q_s}$$

Kde T_c = celková doba výrobního cyklu,

q_s = počet součástí současně opracovávaných na pracovišti,

t_k = Cycle Time.²

² Cycle Time: definuje nám skutečné výrobní možnosti analyzované výrobní linky. Cyklový čas (Cycle Time) je stanoven dobou od zahájení výroby jednoho kusu, do zahájení výroby dalšího kusu. (MĚŘENÍ A INDIKACE DOBY CYKLU VÝROBNÍCH LINKE, ©2017)

2.8.2 Stanovení počtu měření

Abychom mohli stanovený cyklový čas považovat za reprezentativní, je na místě si vyjádřit minimální počet měření, dle definované přípustné chyby a intervalu spolehlivosti. Tento vzorec a pomocné výpočty lze vyjádřit dle Dlabače (2015, slide 36–37) následovně:

Výpočet počtu pozorování

$$n = \left(\frac{z * s}{k * \bar{X}} \right)^2$$

Kde n = počet pozorování.

z = hodnota podle konfidenčního intervalu ($z = 1,96$ pro 95 %), vychází z tabulek spolehlivosti (pro tyto účely není vhodné využívat nižší spolehlivost).

s = směrodatná odchylka (kvadratický průměr odchylek hodnot znaku od jejich aritmetického průměru).

k = přípustná chyba v procentech (ve tvaru desetinného čísla).

\bar{X} = aritmetický průměr z měření.

Výpočet aritmetického průměru

- Jedná se o součet všech hodnot vydělený jejich vlastním počtem.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

Kde X_i = jednotlivé hodnoty.

N = počet hodnot.

Výpočet směrodatné odchylky

- Jedná se o kvadratický průměr odchylek hodnot znaku od jejich aritmetického průměru.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Kde X_i = jednotlivé hodnoty.

\bar{X} = aritmetický průměr z měření.

N = počet hodnot.

2.9 Projektování výrobních buněk

V této kapitole je nejprve vysvětleno, co vlastně pojem buňková výroba je, dále jsou definovány a popsány existující typy výrobních buněk. Poslední část této kapitoly je věnována právě projektování výrobních buněk, což je nejobsáhlejší část této kapitoly.

2.9.1 Buňková výroba

Buňková výroba v angl. *Cellular manufacturing*, je v současné době moderní uspořádání layoutu ve výrobních halách skupinově (neboli buňkově), při dosažení vysoké produktivity napříč výrobnou a montážní komponent. Layout buňkové výroby se vyznačuje tím, že strojní zařízení jsou rozmístěny v rámci skupiny (buňky) s minimální nutností přepravy (prostřednictvím pásu). Výhodou buňkové výroby je fakt, že skupina podobných výrobků prochází stejnou cestou (stejnými pracovišti linky), kdy konkrétní výrobek může vynechat pracoviště, které v rámci technologie nepotřebuje. (KAVAN, 2002)

2.9.2 Typy výrobních buněk

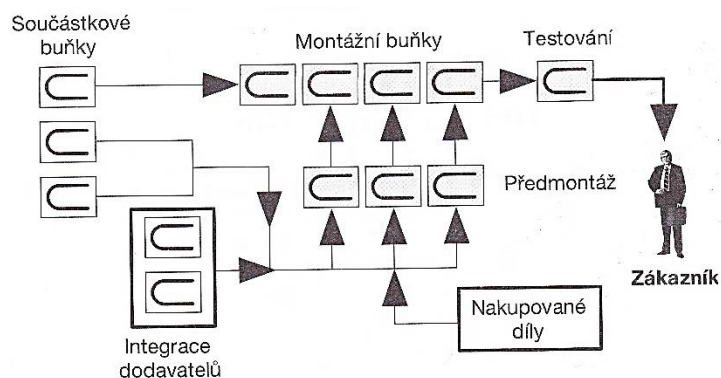
Pokud hovoříme o výrobních buňkách, je na místě si ujasnit, že rozlišujeme tři hlavní typy výrobních buněk. Tyto typy výrobních buněk se od sebe nepatrně odlišují, avšak bez ohledu na to, o kterém typu buňky zrovna hovoříme, všechny efektivně využívají výrobní činnosti a pracovníky. Mezi tyto tři typy výrobních buněk patří:

- „buňky pro výrobu součástí (obrábění, lisování, kování apod.),
- montážní buňky,

- *procesní buňky (lakování, tepelné zpracování, povrchová úprava).“ (MAŠÍN a VYTLAČIL, 1996, str. 126)*

Pro účely této práce vystačí, hlouběji se zaměřit pouze na montážní buňky, jelikož právě montážní buňka bude předmětem analýzy a návrhů na řešení uvedených v praktické části. Montážní buňky se projektují buď jako *předmontážní buňky* nebo jako *buňky finální montáže výrobku*. Kdy předmontážní buňky jsou zásobovány ze součástkových buněk (prostřednictvím komponent na jejich výrobu) a externích dodavatelů (nakupované díly). Zkompletované díly z předmontážních buněk následně míří na finální montáž. (MAŠÍN a VYTLAČIL, 1996)

Následující obrázek popisuje buňkovou hierarchii v automobilovém průmyslu, kde jsou znázorněny více popisované druhy montážních buněk a jejich zásobování:



Obrázek 8: Organizace montážních buněk v automobilovém průmyslu (Zdroj: MAŠÍN a VYTLAČIL, 1996, str. 128)

2.9.3 Projektování výrobních buněk

Samotné projektování výrobních buněk zahrnuje činnost, prostřednictvím které společnost, ve které je výrobní linka lokalizována, zefektivňuje po ekonomické stránce průběh výroby prostřednictvím zajištění plynulosti výrobního procesu. Při projekci linky je důležité brát ohled na *časovou synchronizaci práce* na jednotlivých pracovištích, tedy aby každý operátor měl práci na svém pracovišti stejně náročnou jako ostatní operátoři na lince. Toto vybalancování zajistí eliminaci úzkých míst a hladký výrobní tok. Tímto vybalancováním dále eliminujeme časové ztráty a zajistíme optimalizaci práce strojů a operátorů, což vede ke zvýšení produktivity.

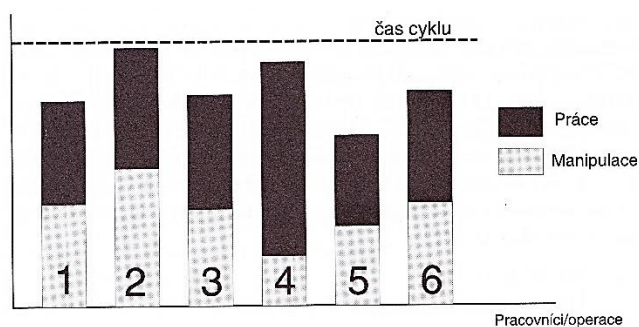
Je na místě zde rozvést myšlenku o *cyklovém čase* (Cycle Time), o kterém již bylo zmíněno v předcházející kapitole. Jak uvádí ve své knize Kavan (2002, str. 189): „*Čas cyklu (Cycle Time) je maximum času sledované na každém pracovišti, potřebné ke kompletaci určitého souboru úkolů, měřené na jednotku produkce.*“ Jako názorný příklad lze uvést např. skutečnost, že pokud na finálním pracovišti linky každé 3 minuty opouští výrobní proces nový výrobek, lze následně prohlásit, že cyklový čas linky jsou právě zmiňované 3 minuty. Což následně znamená, že každé z pracovišť linky má na provedení potřebných výrobních operací 3 minuty.

Je velmi důležité již při samotné projekci montážních linek mít na paměti, že je zapotřebí linku zkompletovat tak, aby každému pracovišti linky byly definovány předem určené úkoly, které budou časově rozděleny tak, aby celá montáž probíhala v požadovaném taktu. Dále je důležité, aby byla linka vybavena všemi potřebnými nástroji a zařízeními k montáži nebo např. k manipulaci těžších břemen nezbytných. Příkladem těchto zařízení může být např. ruční jeřáb, který operátor využívá při manipulaci s těžkými břemeny. Dalším příkladem může být např. vzduchový šroubovák, který je situován nad operátorem, aby nebyly porušeny zásady správné ergonomie na pracovišti způsobené zbytečným ohýbáním se pro potřebná zařízení. (BERNARDY, 1956)

Dále podle knihy od Kavana (2002, str. 190) lze čerpat přínosné poznatky a výpočty z modelových příkladů, které se týkají také cyklových časů a celkové efektivnosti výrobní linky. Na tomto místě uvádím vzorec, který shledávám přínosným pro praktickou část práce:

$$\blacksquare \quad \text{denní kapacita linky} = \frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}}.$$

K znázornění stavu balancování (souhrn časové náročnosti úkonů každého operátora) nebo k znázornění časové náročnosti jednotlivých operací na lince lze využít histogram, kterým vytvoříme analýzu času cyklu. Příklad toho, jak takový histogram vypadá znázorňuje následující obrázek:



Obrázek 9: Analýza času cyklu (Zdroj: VYTLAČIL a MAŠÍN, 1999, str. 105)

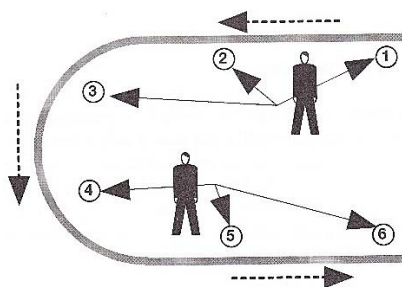
Obecné pojetí projektování a vytvoření výrobní buňky znázorňuje následující obrázek, který bude použit pro účely analytické části, avšak budou v něm realizovány vlastní úpravy, dle specifických potřeb konkrétní situace analyzované výrobní buňce:



Obrázek 10: Postup projektování a vytvoření výrobní buňky (Zdroj: MAŠÍN a VYTLAČIL, 1996, str. 132)

Výrobní buňky, tedy strojní zařízení v nich obsáhlá, bývají uspořádány do různých tvarů. Jako nejefektivnějším a nejčastěji využívaným tvarem uspořádání strojních zařízení v rámci buňky se osvědčil tvar „U“. V rámci tohoto efektivního, ale také velice produktivního uspořádání, se ukázalo, že operátorům umožňuje pracovat v relativně těsné blízkosti, aniž by si vzájemně překáželi. Což vede k značné úspoře místa v montážních a výrobních halách, dále to vede k zefektivnění v rámci layoutu. Toto uspořádání výrobní buňky dále přináší pracovníkům snadnou manipulaci s potřebným materiálem mezi konkrétními pracovišti buňky. Primárním cílem buňkového rozmístění pracovišť je identifikace a reakce každé příležitosti ke zlepšení stávajícího stavu. Kdy s měnicími se

požadavky na výrobu je následně jednoduché linku přeorganizovat dle aktuálních potřeb. Uspořádání výrobní buňky do tvaru „U“ uvádí následující obrázek:



Obrázek 11: Příklad uspořádání výrobní buňky do tvaru „U“ (Zdroj: MAŠÍN a VYTLAČIL, 1996, str. 130)

2.9.4 Výrobní takt

Výrobním taktům rozumíme časový usek mezi dohotovením dvou po sobě následujících výrobků nebo polotovárů, které vycházejí z posledního pracoviště linky. Výrobní takt každé linky charakterizuje intenzitu, s jakým je výrobní proces na konkrétní lince vykonáván. (ŘEZNÍČEK, 1967)

2.10 Plýtvání a jeho druhy

Faktem, kterého si v dnešní době začíná být vědomo stále více manažerů je, že v našich podnicích se plýtvá zdroji, potenciálem a dalšími faktory v tak velkém množství, že se tito vedoucí pracovníci až udivují, že doposud tento stav tolerovali. Ale pro uvědomění si plýtvání je samozřejmě nejprve zapotřebí definovat jednotlivé formy plýtvání, které ve společnosti existují. Na plýtvání lze nahlížet z různých hledisek, od pouze manuálního charakteru, až po charakter duševní. Oba tyto faktory budou v této kapitole zohledněny. Podle definice, kterou uvádí ve své knize Mašín a Vytlačil (1996, str. 44), lze plýtvání definovat následovně: *plýtvání je „vše co nepřidává produktu hodnotu anebo ho nepřibližuje zákazníkovi. Opakem plýtvání je práce s nárůstem hodnoty nebo práce přibližující produkt zákazníkovi, tedy ta činnost, za kterou je zákazník ochoten zaplatit.“* Mistři v oboru, identifikovat plýtvání, jsou bezesporu Japonci.

Pro iniciativně smýšlející Japonce je zlepšování procesů, tedy i eliminace plýtvání tak samozřejmé, jako pro běžného smrtelníka dýchání kyslíku. Což nám nabízí otázku, zda s českým národem není něco v nepořádku a přichází na tyto inovativní myšlenky až příliš

pozdě, avšak nikdy není pozdě, při snaze zdokonalení. Proč zlepšovat? Většina manažerů si myslí, že jejich podnik je dokonale vyladěný, avšak tomu tak v žádném případě není. Základ myšlení *Kaizen* znamená, že vždy je co zlepšovat a doopravdy tomu tak ve 100 % případů je! Základním aspektem zlepšování je eliminace plýtvání. Plýtvání se vyskytuje v každé firmě, je zde otázkou pouze to, v jak širokém pojetí se vyskytuje v té, které společnosti a managementu záleží na iniciativě společnosti plýtvání eliminovat nebo zcela odstranit. V praxi většiny firem před implementací zlepšovacích procesů bývá faktické východisko v takovém stavu, že přiznávají existenci pouze dvou až tří hodin denní činnosti věnující se činnosti, která přidává podniku hodnotu, tedy činnosti přidávající hodnotu pro zákazníka. Ostatní čas je zapotřebí pro vyřizování reklamací, vyřizování uvízlých zakázek ve výrobním procesu apod. (KOŠTURIÁK, 2010)

Mašín a Vytlačil (1996) definují sedm druhů plýtvání dle Toyota, kam patří:

- „*nadvýroba*,
- *čekání*,
- *nadbytečná manipulace*,
- *špatný pracovní postup (metoda)*,
- *vysoké zásoby*,
- *zbytečné pohyby*,
- *chyby pracovníků*.“ (MAŠÍN a VYTLAČIL, 1996, str. 45)

O poznání novějším pohledem na plýtvání je kapitola v knize od Košturiaka (2010), kde je uvedena následující tabulka, která uvádí nejčastější formy plýtvání. Tato tabulka je dále rozdělena do kategorií plýtvání v rámci výroby jako samostatného procesu, při vývoji výroby, administrativního plýtvání (zde bývá značná část plýtvání, která bývá manažery bohužel přehlížena), dále plýtvání v logistických procesech. Tabulka specifikující tyto formy plýtvání je uvedena níže.

Hlavní formy plýtvání ve výrobě	Hlavní formy plýtvání v logistice
<ol style="list-style-type: none"> 1. Nadvýroba – vyrábí se příliš mnoho nebo příliš brzo 2. Nadbytečná práce – činnosti nad rámec definované specifikace 3. Zbytečný pohyb, který nepřidává hodnotu 4. Zásoby, které přesahují minimum potřebné na splnění výrobních úkolů 5. Čekání na součástky, materiál, informace nebo skončení strojového cyklu 6. Opravování – odstraňování nekvality 7. Doprava – každá nadbytečná doprava a manipulace 8. Nevyužití schopnosti pracovníků – největší plýtvání ve firmě 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zásoby, nadbytečný materiál a komponenty – materiál se dodává příliš brzo anebo je ho příliš mnoho, příčina je v nepřesné dokumentaci, v chybách plánovacího systému či dodavatele 2. Zbytečná manipulace – zbytečné přesuny materiálu, přeskládání, přeprava 3. Čekání na součástky, materiál, informace, dopravní prostředky 4. Opravování poruch – odstraňování poruch v logistickém systému – dopravní a manipulační systém, informační systém 5. Chyby – vychystávání materiálu a komponentů v nesprávném množství a čase 6. Nevyužití přepravní kapacity 7. Nevyužití schopnosti pracovníků
Hlavní formy plýtvání ve vývoji výrobků	Hlavní formy plýtvání v administrativě
<ol style="list-style-type: none"> 1. Zbytečná práce, vytváření nadbytečné dokumentace – neexistuje systém správného kódování a archivace technické dokumentace, pracovníci vytvářejí neustále nové výkresy výrobků, postupy, přípravy, nářadí, i když už v minulosti podobné dokumenty byly vytvořeny a daly by se přímo použít, případně jednoduše modifikovat 2. Hledání dokumentace a informací – zbytečné telefonáty, e-maily, hledání v počítačové síti, v archivu apod. 3. Čekání na informace a materiál 4. Zbytečné pochůzky – návštěvy na dalších odděleních, upřesňování zadání, získávání dodatečných informací 5. Změny v dokumentaci, korekce, odstraňování chyb – nejasné nebo nesprávné specifikace z obchodního oddělení, zpětné vazby z výroby 6. Ztráty času na zbytečných poradách a nesprávným řízením projektu 7. Zbytečná práce – zbytečné statistiky a výkazy, podklady na neúspěšné nabídkové řízení, zbytečné činnosti, vyplývající z nesprávných směrnic a postupů v předvýrobních etapách, překlápění dokumentace mezi různými počítačovými systémy apod. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nadbytek informací, jejich příprava a zpracování – více informací, než zákazník potřebuje nebo další proces, zprávy a protokoly, které nikdo nečte, zbytečné kopie, informace, které jsou v daném čase nepotřebné 2. Přeprava zbytečných informací – přenášení dokumentů na podpis, ke kopírování, nošení šanonů aj. 3. Zbytečný pohyb po pracovištích – lidé sedí ve vzdálených prostorách, hledání podkladů, nevhodný layout. 4. Hledání, čekání – nespolehliví spolupracovníci, kteří neplní termíny, nedostupnost přístrojů, faxy, e-maily, dopisy, čekání na odpověď nebo rozhodnutí šéfa 5. Složitě postupy nebo nesprávná práce – byrokratické směrnice, zlé nastavení software a jeho neznalost, zábava na internetu, psaní nesmyslných reportů, duplicitní zadávání informací, překlápění dat mezi různými programy 6. Zásoby na stolech, v odpadkových koších a v počítačích, položky čekající na zpracování, nepřečtené e-maily, podklady z ukončených projektů, nepotřebné databáze 7. Chyby – v papírech a informačních systémech, nečetelné faxy, neúplné specifikace, chybná data, pravopisné chyby, nedostatečně definované úkoly

Obrázek 12: Přehled nejčastějších forem plýtvání (Zdroj: KOŠTURIÁK, 2010, str. 12)

2.11 Pět pilířů vizuálního pracoviště (5S)

Zjednodušeně lze konstatovat, že se jedná o standardizaci pořádku a čistoty na konkrétním implementovaném pracovišti, avšak praxe tak jednoduchá není. Každý z pilířů pěti S (z japonského originálu) dohromady dává logicky ucelený svazek kroků pro optimalizaci zamezující plýtvání, zvyšující přehlednost a bezpečnost na konkrétních pracovištích, právě tam, kde je 5S implementováno a udržováno. Při implementaci 5S je primárním cílem kromě bezpečnosti na pracovišti (zamezení tak zbytečným úrazům) zvýšení produktivity práce, díky zpřehlednění činností a definice úložných pozic všech nástrojů nutných k výkonu konkrétní činnosti. (HIRANO, ©2009)

Koncept 5S se konkrétně skládá z následujících pěti pilířů:

- „*Seiri (Sort) organizace. Pracoviště má být organizováno tak, aby pracovník vykonával co nejméně pohybů a zbytečných úkonů.*
- *Seiton (Set in Order), zavedení pořádku. Pořádek zamezuje zbytečným prostojům způsobeným hledáním nepřesně uložených věcí.*

- *Seiso (Shine) čistota. Pomáhá pracovníkovi cítit se lépe na pracovišti. Nepořádek jej zbytečně odvádí od práce.*
- *Seiketsu (Standardization), standardizace. Jednotné řešení umožňuje, aby se pracovníci na pracovním místě střídali, čímž se zefektivňuje využití výrobních faktorů podniku.*
- *Shisuke (Self-discipline), disciplína. Pracovník je svým způsobem nucen, aby výše uvedená pravidla ctil a každodenně dodržoval.*“ (VOCHOZKA, 2012, str. 433)

Na závěr teoretické části této práce bych rád uvedl vystihující citát, který uvedl ve své knize uznávaný autor zabývající se problematikou průmyslového inženýrství a inovacemi prof. Ing. Ján Košturiak, PhD., který zní následovně:

„Vždy když něco děláš, jednej rozumně a myslí na konec. Včerejší vítězství jsou méně důležitá než zítřejší plány. Neúspěch je šance udělat to příště líp.“ (H. Ford) (KOŠTURIK, 2010, str. 3)

3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

3.1 Popis optimalizovaného pracoviště

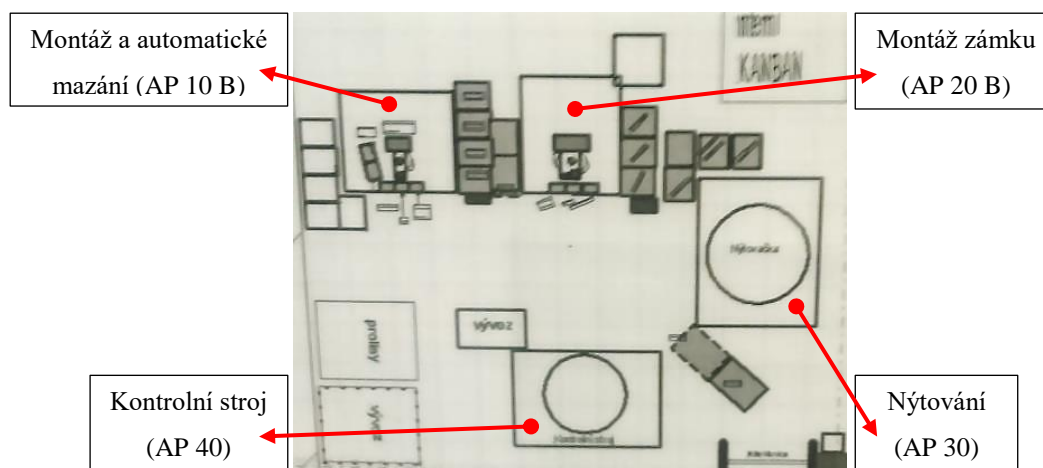
V rámci mé působnosti ve společnosti WITTE Nejdek, s.r.o. jsem byl pověřen zaměřit se na průběh montáže zadních zámků do automobilu značky Ford, kde konkrétní verze, které byly kompletovány na této lince byly do modelu vozu Mondeo a Kuga. Název linky, na které bylo pozorování uskutečněno se jmenuje HKS Mondeo. V rámci pozorování jsem se zaměřil na vytížení operátorů výroby v průběhu směny, dále byla provedena identifikace plýtvání a zhodnocení pracovišť z pohledu ergonomie. Dále byl vytvořen miniaudit v rámci této linky. Konkrétně se jedná o miniaudit pořádku a čistoty, miniaudit vizualizace pracoviště (v rámci 5S), dále byl proveden také miniaudit údržby strojních zařízení. Avšak úhlavním cílem pozorování na lince bylo zjištění cyklových časů jednotlivých operátorů a následné zjištění stavu balancování této konkrétní linky a vypořádání se s nevyrovnanou bilancí časů jednotlivých operátorů podle vlastních návrhů na řešení této situace a také zhodnocení současné normy, která je na lince definována.

3.1.1 Charakteristika pracoviště

- *Název pracoviště:* montážní linka HKS Mondeo.
- *Montážní díl:* zadní zámek Ford.
- *Verze:* Ford Kuga, Ford Mondeo.
- *Počet pracovišť linky:* 4.
- *Označení a funkce pracovišť linky:*
 - **AP 10 B:** montáž a automatické mazání,
 - **AP 20 B:** montáž zámku,
 - **AP 30:** nýtování,
 - **AP 40:** kontrolní stroj.
- *Počet operátorů výroby působících na lince:* 2 (v rámci výchozího stavu).

Na obrázku uvedeném na následující straně je znázorněn konkrétní layout montážní linky, který se skládá z již charakterizovaných čtyř pracovišť, kde je dále umístěn regál vývozu, který slouží k efektivnímu přejímání přepravních boxů a jejich postupnému naplňování,

kdy po pojízdných kolečkách, které usnadňují manipulaci s boxy, jsou následně boxy bez nutnosti vynaložení velkého úsilí posouvány směrem k vývozní paletě, na kterou operátor po naplnění zásobníku vývozního regálu boxy přenáší a rovná na sebe. Nedaleko montážní linky je umístěna také paleta s kartonovými proklady a kartonovými mřížkami, které slouží k prokládání vrstev v boxech a oddělení jednotlivých zámků, aby bylo zamezeno jejich vzájemnému kontaktu a možnosti vzniku nekvality během distribučního procesu.



Obrázek 13: Layout pracoviště (Zdroj: vlastní záznam z výkonové tabule linky)

Další obrázek, který je situován níže, znázorňuje konkrétní vizuální podobu montážní linky, kde lze konkrétně vidět první a druhé pracoviště (zleva) a vývozní regál, kde horní KLT boxy tvoří zásobu k naplnění zámky vystupujících z posledního pracoviště, tedy kontrolního stroje. Patro pod prázdnými KLT boxy již tvoří bedny naplněné zadními zámky určené k přesunutí na vývozní paletu, kterou je na obrázku také možné spatřit. Vždy po naplnění pěti beden operátor přemístí boxy na vývozní paletu.



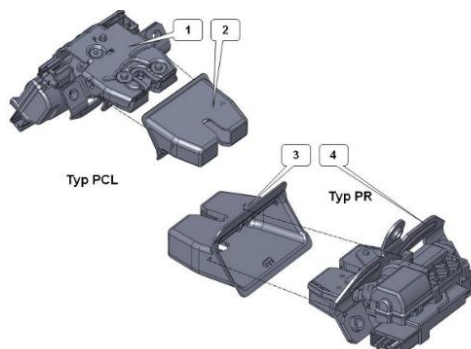
Obrázek 14: Vizuální podoba pracoviště (Zdroj: vlastní záznam pořízený v průběhu pozorování linky)

Další obrázek v pořadí, který je na místě uvést je grafické znázornění toho, jak zkompleťované typy zámků jako finální produkt montáže na analyzované lince vypadají. Jedná se o dva typy zámků, které se po samotné montáži skládají ze dvou hlavních částí. Konkrétní podobu obou částí ukazuje obrázek, který je situován níže.

Následující tabulka znázorňuje legendu připadající k přiloženému obrázku, která informuje o tom, co znamenají jednotlivé číselné indikátory znázorněné na obrázku a dále je uvedeno číslo sestavy zámku, které je důležité pro identifikace, pro kterou normu spotřeby času je konkrétní typ zámku přiřazen. Pro samotné operátory působící na lince je důležité znát toto číslo při přecházení na jiný typ zámku v průběhu směny, aby jednotlivé stroje správně prováděly výrobní a kontrolní činnosti, které jsou z technologického hlediska nepatrně odlišné pro každý ze dvou možných typů.

Tabulka 3: Legenda k obrázku zadních zámků Ford Mondeo a Ford Kuga (Zdroj: vlastní zpracování dle interní dokumentace linky)

Číslo sestavy zámku	Označení typu	1	2	3	4
104137700	PR	Těleso zámku - typ PCL	Krytka - typ PCL	Krytka - typ PR	Těleso zámku - typ PR
104137800	PCL				



Obrázek 15: Zadní zámek pro Ford Mondeo a Ford Kuga kompletovaný na lince (Zdroj: interní dokumentace linky)

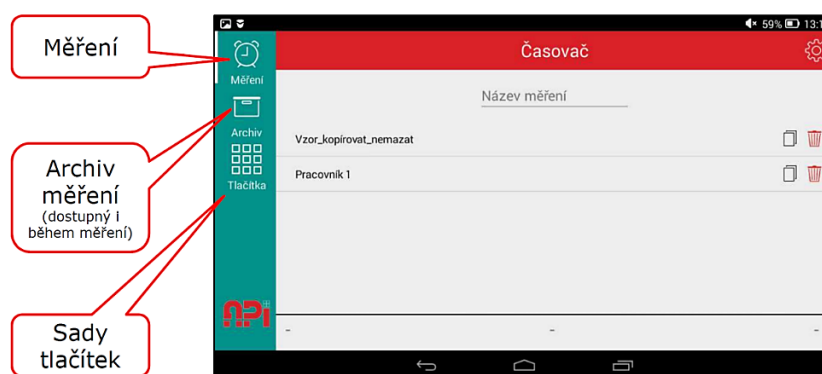
3.2 Snímek pracovního dne

V případě snímků pracovního dne, o kterém je blíže pojednáváno v teoretické části této práce, byla pro měření a následnou analýzu práce operátorů linky HKS Mondeo využita *aplikace API*. Jak je uvedeno v teoretické části, přímé měření práce prostřednictvím stopek je příliš náročné na následnou analýzu, kvůli této skutečnosti společnost API–Akademie produktivity a inovací, s.r.o. vyvinula tuto aplikaci pro efektivnější

vyhodnocování naměřených časů jednotlivých činností snímků pracovního dne nebo chronometráže. Naměřená data lze díky této aplikaci analyzovat za značně kratší dobu ve srovnání s měřením práce klasickými stopkami, kdy sčítání časů jednotlivých činností a komplexní zpracování naměřených dat z ručního sběru dat prostřednictvím zápisu do formuláře je velice zdlouhavé. (SNADNÉ MĚŘENÍ PRÁCE DÍKY APLIKACI API, ©2005–2017)

Níže můžete vidět samotné prostředí aplikace, které je zdařilé a samotné ovládání je po chvílce zkoumání značně intuitivní. Konkrétně na tomto obrázku lze spatřit již vytvořené sady tlačítek, které si pozorovatel může dle libosti pojmenovat, aby např. zpětně rozlišil konkrétní pozorované pracovníky. Na levé straně obrázku je dále umístěna v prostředí aplikace sada tří tlačítek, o kterých se pojednává zde:

- *Měření:* po stisknutí tohoto tlačítka se zobrazí právě probíhající měření, dále také měření, které jsme zatím neodstartovali, avšak máme definován jejich název.
- *Archiv měření:* pod tímto tlačítkem se skrývají již dokončená měření, kde jsou seřazeny podle pořadí, v jakém byla měření prováděna od nejnovějšího měření po nejstarší uskutečněné měření.
- *Sady tlačítek:* v této záložce jsou námi definované sady tlačítek. Jelikož každé pracoviště zahrnuje své unikátní činnosti, je zapotřebí si pro každé pracoviště definovat vlastní sadu tlačítek, tedy sadu specifických činností, které jsou na konkrétním pracovišti uskutečňovány. Je praktické každou sadu pojmenovat podle názvu konkrétního pracoviště, pro které bude snímek pracovního dne vyhotoven.



Obrázek 16: Vizuální podoba prostředí aplikace API (Zdroj: API – AKADEMIE PRODUKTIVITY A INOVACÍ, S.R.O., ©2016, str. 7)

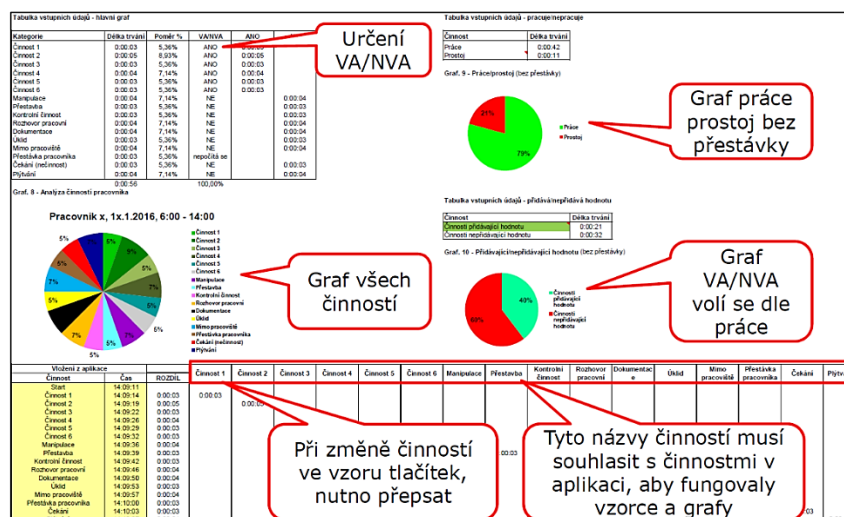
Na dalším obrázku pojednávajícím opět o aplikaci API je znázorněno *prostředí aplikace* bezprostředně po definování konkrétní sady tlačítek, které lze předem pojmenovat konkrétními názvy, pokud jsme dopředu seznámeni se všemi možnými činnostmi, které mohou v průběhu pozorovaného úseku (směny či kratšího časového horizontu) nastat. Samotná tlačítka, která reprezentují konkrétní činnosti lze dle libosti mazat nebo přidávat další, pokud je činností více. Dále lze měnit barevnou výplň každého tlačítka, kde například barevně můžeme rozlišovat tlačítka pro různá pracoviště, pokud pozorovaný pracovník působí na více pracovištích, kdy tímto barevným rozlišením docílíme větší přehlednosti a komfortu pro samotného pozorovatele.



Obrázek 17: Prostředí měření v aplikaci API po nadefinování tlačítek (Zdroj: API – AKADEMIE PRODUKTIVITY A INOVACÍ, S.R.O., ©2016, str. 11)

Po uskutečnění měření lze z aplikace vložit nebo importovat naměřená data do MS Excel (pokud uživatel používá OS Windows), kde s daty můžeme dále pracovat. Z aplikace je vygenerována tabulka, kde v levém sloupci je vždy uveden název činnosti (podle definice tlačítek) a v pravém sloupci je uveden čas trvání činnosti. Z těchto surových dat, lze vygenerovat graf poměru všech činností vykonávaných během směny, graf rozdělení práce a prostojů, dále po nadefinování graf činností přidávajících a nepřidávajících hodnotu produktu výkonem dané operace. Naměřená data lze importovat do již naformátovaného souboru MS Excel, který společnost API poskytuje společně s aplikací nebo lze surová data z aplikace formátovat dle vlastních potřeb uživatele.

Na následujícím obrázku lze vidět vizuální podobu zpracování naměřených dat v již naformátovaném souboru MS Excel od společnosti API, kam pouze stačí importovat naměřená data z aplikace a každé činnosti určit přidanou či nepřidanou hodnotu a dále zda se v případě těchto činností jedná o práci či prostoje.



Obrázek 18: Vyhodnocení měření z aplikace API (Zdroj: API – AKADEMIE PRODUKTIVITY A INOVACÍ, S.R.O., ©2016, str. 16)

Další kapitola se již věnuje samotné analýze naměřených dat v rámci pozorování již představované montážní linky. Přímé měření bylo realizováno právě prostřednictvím aplikace API, o které pojednávala celá tato kapitola. Celé měření probíhalo celkem v průběhu tří dnů, kdy nejprve bylo provedeno přímé měření operací vykonávaných na lince při původním stavu dvou operátorů, kdy jeden den byl napříč celou směnou snímkován jeden operátor a druhý den následovalo snímkování druhého operátora. Dále kvůli balancování linky, o kterém bude pojednáváno více dále byl na linku přiřazen třetí operátor, u kterého snímkování logicky proběhlo také a bylo tak dosaženo komplexního snímku napříč všemi pracovišti analyzované montážní linky.

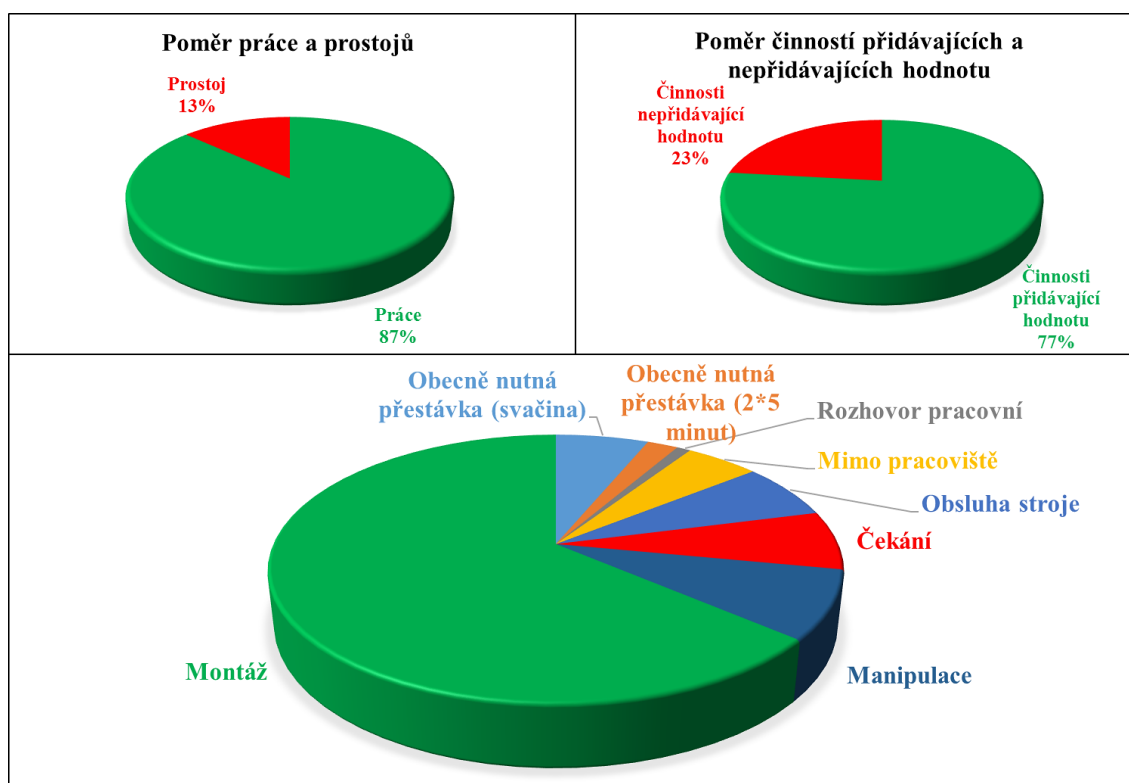
3.2.1 Snímek operátora na pracovišti AP 10 B (dále AP 30 a AP40)

První přímé měření bylo realizováno 18.7.2016, kdy se mi naskytla příležitost realizovat tento projekt prostřednictvím společnosti API, která možnost této spolupráce zprostředkovala. Prostřednictvím API – Akademie produktivity a inovací, s.r.o. mi byla poskytnuta i samotná již představovaná aplikace sloužící k přímému měření práce.

- *Pracoviště působnosti snímkaného operátora:* montáž a automatické mazání (AP 10 B), následně po naplnění boxu obsluha nýtovacího stroje (AP 30) a kontrolního stroje (AP 40) a plnění KLT boxů zkompleťovanými zámky.
- *Časový úsek snímkování operátora:* 6:00-14:00 (celá směna).
- *Čas obecně nutných přestávek:* 2*5 minut (v 8:00 a 12:00) a 30 minut (v 10:00).

- Čas směny: 8 hodin → 480 minut.
- Čistý čas pro výkon práce (očistění o čas přestávek): $480 \text{ minut} - (2 \cdot 5) - 30 = 440 \text{ minut}$.

Jednotlivé snímky pracovního dne budou zpracovány tak, jak můžete vidět již na prvním snímku níže. Nejprve v horní části je nalevo uveden koláčový graf, který znázorňuje poměr času práce a prostojů během směny snímkaného operátora. Napravo je potom uveden graf znázorňující poměr času těch činností, které přidávají konečnému produktu linky hodnotu a tu část času činností, které naopak přidanou hodnotu nevytvářejí. Ve spodní části je uveden velký koláčový graf, který reprezentuje poměr rozdělení všech činností, které operátor v průběhu směny vykonával, z čehož si lze následně vytvořit představu o tom, zda je operátor přiměřeně vytížený, či je vykazován příliš velký poměr plýtvání a vzniká potenciál k úpravě normy na pracovišti.



Graf 6: Vytížení operátora na pracovišti AP 10 B (dále AP 30 a AP 40) (Zdroj: vlastní zpracování prostřednictvím aplikace API)

Poměr práce a prostojů

Graf, který je umístěn nalevo nahoře nám ukazuje poměr činností, které lze označit za práci a poměr činností, které prací nejsou (prostoje). Činností spadajících pod práci je

celkem 87 %, naopak prostoje tvoří zbylých 13 %. Mezi práci je potom zařazen pracovní rozhovor, obsluha stroje, manipulace a montáž. Naproti tomu mezi prostoje je zařazena absence operátora na pracovišti (mimo pracoviště) a čekání (nečinnost).

Práce z celkového času směny představuje 6 hodin 22 minut a 10 sekund. Oproti tomu prostoje představují 57 minut a 50 sekund. Zbylých 40 minut potom představuje zákonné přestávky.

Poměr činností přidávajících a nepřidávajících hodnotu

V grafu situovaném vpravo nahoře lze vidět, že činnosti přidávající hodnotu tvoří 77 % a 23 % tvoří naopak činnosti, které přidanou hodnotu nevytvářejí. Mezi činnosti hodnotu přidávající patří obsluha stroje a montáž dílů. Naproti tomu mezi činnosti hodnotu nepřidávající je zařazen pracovní rozhovor, absence operátora na pracovišti (mimo pracoviště), čekání (nečinnost) a manipulace (převážně s KLT boxy).

Činnosti přidávající hodnotu představují 5 hodin a 38 minut. Oproti tomu činnosti nepřidávající hodnotu představují 1 hodinu a 42 minut. Zbylých 40 minut potom představuje zákonné přestávky.

Činnosti přidávající hodnotu lze vypočítat také prostřednictvím indexu přidané hodnoty, který lze vyjádřit z tabulky, kterou uvádím v teoretické části, konečný výpočet potom vypadá následovně:

Tabulka 4: Index přidané hodnoty operátora na pracovišti AP 10 B (dále AP 30 a AP 40) (Zdroj: vlastní zpracování dle Košturiaka (2010, str. 31))

Přidaná hodnota		Plýtvání		Nepřidaná hodnota ale nutná práce	
Činnost	Čas [hod, min, s]	Činnost	Čas [hod, min, s]	Činnost	Čas [hod, min, s]
Obsluha stroje	0:32:14	Mimo pracoviště	0:23:52	Pracovní rozhovor	0:04:29
Montáž	5:05:46	Čekání	0:33:58	Manipulace	0:39:41
Suma	5:38:00		0:57:50		0:44:10
Index přidané hodnoty (%) = $\frac{\sum \text{činnosti přidávající hodnotu}}{\sum \text{celkové trvání činností}} * 100 =$					76,82 %

Komplexní graf činností v průběhu směny

Další a zároveň poslední graf prvního snímku pracovního dne je umístěný pod grafy přidané hodnoty a práce a znázorňuje komplexní rozdělení činností v určitých poměrech, které snímkaný operátor v průběhu celé směny vykonával. Největší část směny vykonával operátor montáž, která tvoří 63,7 % času celé směny, v časových jednotkách montáž představuje přesně *5 hodin 5 minut a 46 sekund*. Další činností v pořadí je manipulace, která tvoří 8,27 % času směny. V časových jednotkách manipulace představuje *39 minut a 41 sekund*. Dále bylo v činnostech zaznamenáno čekání, která tvoří 7,08 % celku a zahrnuje *33 minut a 58 sekund* z celé směny. V pořadí další činností je obsluha stroje, která představuje 6,72 %, tedy *32 minut a 14 sekund*. Situace, kdy operátor nebyl přítomen na svém pracovišti, mimo období přestávek trvala dohromady *23 minut a 52 sekund*, tedy 4,97 % celku. Další činností zaznamenanou v průběhu snímkování je pracovní rozhovor, který trval dohromady *4 minuty a 29 sekund*, z celku potom pouhých 0,93 % času směny. Další dvě činnosti již tvoří pouze zákonem předepsané přestávky v průběhu směny, kdy suma dvou pětiminutových přestávek zahrnuje 2,08 % z celého času směny a velká půlhodinová přestávka představuje 6,25 % z času celé směny.

Popis jednotlivých činností prováděných na konkrétních pracovištích:

- **Montáž:** činnosti nutné ke kompletaci komponent, které provádí operátor před vložením do montážního stroje a obsluhou tohoto stroje.
- **Manipulace:** manipulace s prázdným boxem, doplnění součástek, přesun kompletních boxů na paletu.
- **Rozhovor pracovní:** Rozhovor s nadřízeným pracovníkem a spolupracovníkem v montážní buňce.
- **Mimo pracoviště:** operátor nebyl přítomen na svém pracovišti.
- **Obsluha stroje:** obsluha kontrolního stroje (AP 40) a obsluha nýtovacího stroje (AP 30), dále obsluha stroje na předchozím pracovišti, tedy stroje automatické montáže a mazání (AP 10 B).
- **Čekání:** rozhovor s kolegou, nečinnost, dále je zde zahrnut také náběh směny, který trval přibližně 2 minuty.

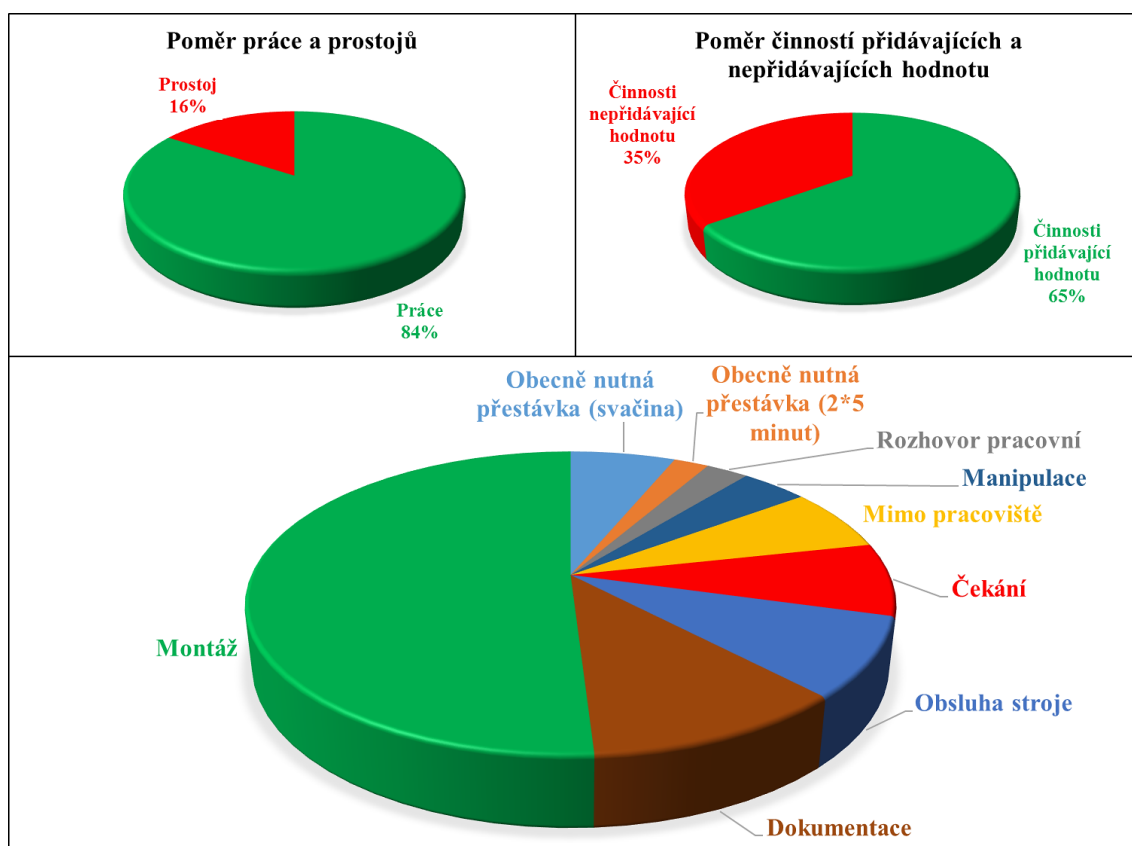
Následující tabulka zahrnuje souhrn naměřených skutečností, kdy je nejprve uveden název konkrétní činnosti, dále je uvedena doba trvání činnosti. Další sloupec zahrnuje procentní podíl každé ze specifikovaných činností na celkovém čase snímku pracovníka a poslední dva sloupce zahrnují rozdělení jednotlivých činností na práci a prostoje, dále na činnosti přidávající hodnotu (VA) a nepřidávající hodnotu (NVA).

Tabulka 5: Sumarizace z měření operátora na pracovišti AP 10 B (dále AP 30 a AP 40) (Zdroj: vlastní zpracování prostřednictvím aplikace API)

Činnosti	Absolutní vyjádření doby trvání činnosti [hod, min, s]	Relativní vyjádření doby trvání činnosti	Práce/prostoj	VA/NVA
Obecně nutná přestávka (svačina)	0:30:00	6,25 %	Nezahrnuje se	
Obecně nutná přestávka (2*5 minut)	0:10:00	2,08 %		
Rozhovor pracovní	0:04:29	0,93 %	Práce	NVA
Mimo pracoviště	0:23:52	4,97 %	Prostoj	NVA
Obsluha stroje	0:32:14	6,72 %	Práce	VA
Čekání	0:33:58	7,08 %	Prostoj	NVA
Manipulace	0:39:41	8,27 %	Práce	NVA
Montáž	5:05:46	63,70 %	Práce	VA
Σ	8:00:00	100,00 %		

3.2.2 Snímek operátora na pracovišti AP 20 B

- *Datum realizace snímku pracovního dne:* 19.7.2016.
- *Pracoviště působnosti snímkaného operátora:* montáž zámku (AP 20 B), kde je rozdělena montáž za manuální, tedy prováděnou operátorem a automatickou, kterou následně vykoná montážní stroj.
- *Časový úsek snímkování operátora:* 6:00-14:00 (celá směna).
- *Čas obecně nutných přestávek:* 2*5 minut (v 8:00 a 12:00) a 30 minut (v 10:00).
- *Čas směny:* 8 hodin → 480 minut.
- *Čistý čas pro výkon práce (očistění o čas přestávek):* 480 minut - (2*5) - 30 = 440 minut.



Graf 7: Vytížení operátora na pracovišti AP 20 B (Zdroj: vlastní zpracování prostřednictvím aplikace API)

Poměr práce a prostojů

Graf poměru práce a prostojů je opět jako v případě prvního snímku pracovního dne umístěn vlevo nahoře. Poměr práce v případě operátora působícího na pracovišti montáže zámku (AP 20 B) je 84 % času směny, poměr prostojů zaznamenaných v průběhu směny je potom 16 %. Mezi prací je zařazen pracovní rozhovor, manipulace, obsluha stroje, dokumentace a montáž. Naproti tomu mezi prostoje je zařazena absence operátora na pracovišti (mimo pracoviště) a čekání (nečinnost).

Práce z celkového času směny představuje 6 hodin 10 minut a 38 sekund. Oproti tomu prostoje představují 1 hodinu 9 minut a 22 sekund. Zbýlých 40 minut potom představuje zákonné přestávky.

Poměr činností přidávajících a nepřidávajících hodnotu

Graf poměru činností přidávajících a nepřidávajících hodnotu nalezneme opět jako v předchozím případě vpravo nahoře, kde lze vidět, že činnostem přidávajícím hodnotu

náleží 65 % a činnostem nepřidávajícím hodnotu náleží zbytek, tedy 35 %. Mezi činnostmi hodnotu přidávající patří pouze obsluha stroje a montáž, avšak tyto dvě činnosti představují z celé směny značný poměr oproti ostatním, převážně v případě montáže. Naproti tomu mezi činnostmi hodnotu nepřidávající je zařazen pracovní rozhovor, manipulace, absence operátora na pracovišti (mimo pracoviště), čekání (nečinnost) a dokumentaci.

Činnosti přidávající hodnotu představují 4 hodiny 45 minut a 41 sekund. Oproti tomu činnosti nepřidávající hodnotu představují 2 hodiny 34 minut a 19 sekund. Zbýlých 40 minut potom představuje zákonné přestávky.

Činnosti přidávající hodnotu lze vypočítat také prostřednictvím indexu přidané hodnoty, který lze vyjádřit z tabulky, kterou uvádím v teoretické části, konečný výpočet potom vypadá následovně:

Tabulka 6: Index přidané hodnoty operátora na pracovišti AP 20 B (Zdroj: vlastní zpracování dle Košturiaka (2010, str. 31))

Přidaná hodnota		Plýtvání		Nepřidaná hodnota ale nutná práce	
Činnost	Čas [hod, min, s]	Činnost	Čas [hod, min, s]	Činnost	Čas [hod, min, s]
Obsluha stroje	0:41:02	Mimo pracoviště	0:32:04	Pracovní rozhovor	0:12:11
Montáž	4:04:39	Čekání	0:37:18	Manipulace	0:19:14
				Dokumentace	0:53:32
Suma	4:45:41		1:09:22		1:24:57
Index přidané hodnoty (%) = $\frac{\sum \text{činnosti přidávající hodnotu}}{\sum \text{celkové trvání činností}} * 100 =$					64,93 %

Komplexní graf činností v průběhu směny

Další a zároveň poslední graf druhého snímku pracovního dne je umístěný opět na místě typickém pro první snímek, tedy pod grafy přidané hodnoty a práce. Největší část směny vykonával operátor montáž, která tvoří 50,97 % času celé směny, v časových jednotkách montáž představuje 4 hodiny 4 minuty a 39 sekund. Další činností v pořadí je dokumentace, která tvoří 11,15 % z celkového času. V časových jednotkách dokumentace představuje 53 minut a 32 sekund. Dále byla v činnostech zaznamenána obsluha stroje, která tvoří 8,55 % celku a zahrnuje 41 minut a 2 sekundy z celé směny.

V pořadí další činností, v tomto případě spíše nečinností, je čekání, které představuje 7,77 %, tedy 37 minut a 18 sekund. Situace, kdy operátor nebyl přítomen na svém pracovišti, mimo období přestávek trvala dohromady 32 minut a 4 sekundy, tedy 6,68 % celku. Další činností zaznamenanou v průběhu snímkování je manipulace, která trvala dohromady 19 minut a 14 sekund, z celku potom 4,01 % času směny. Další činnost tvoří pracovní rozhovor, který trval 12 minut a 11 sekund, v relativním vyjádření je to potom 2,54 %. Další dvě činnosti již tvoří pouze zákonně předepsané přestávky v průběhu směny, kdy suma dvou pětiminutových přestávek zahrnuje 2,08 % z celého času směny a velká půlhodinová přestávka představuje 6,25 % z času celé směny.

Popis jednotlivých činností prováděných na konkrétních pracovištích:

- **Montáž:** činnosti nutné ke kompletaci komponent, které provádí operátor před vložením do boxu, kde si tyto komponenty přebírá operátor působící na pracovišti AP 30.
- **Manipulace:** manipulace s prázdným boxem, doplnění součástek.
- **Rozhovor pracovní:** rozhovor s nadřízeným pracovníkem a spolupracovníkem v montážní buňce.
- **Mimo pracoviště:** operátor nebyl přítomen na svém pracovišti mimo dobu zákonných přestávek.
- **Dokumentace:** operátor zaznamenával do připraveného dokumentu, kolik kusů během směny je průběžně kompletováno.
- **Čekání:** rozhovor s kolegy, nečinnost.
- **Obsluha stroje:** obsluha montážního stroje, do kterého po vykonání manuální montáže umístí operátor montážní díl a stroj provede automatickou montáž.

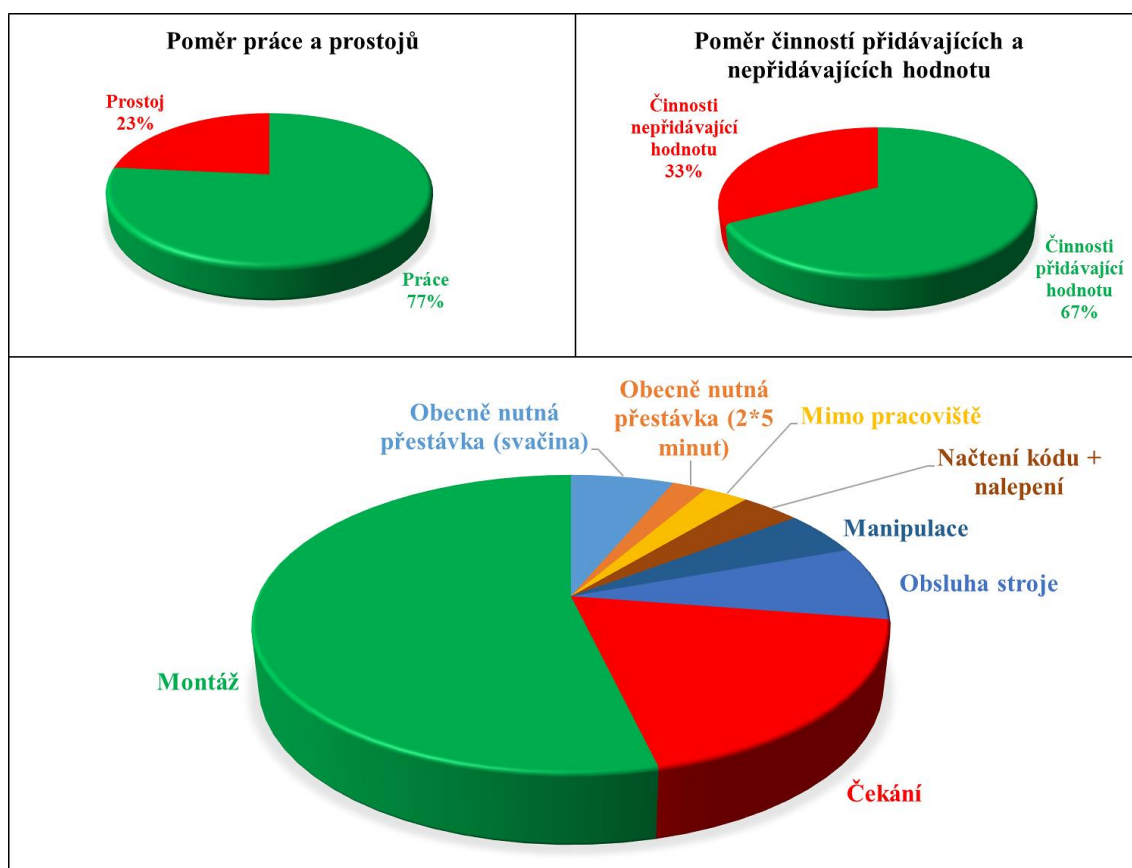
Na následujícím obrázku je opět zahrnut souhrn naměřených skutečností, kdy je nejprve uveden název konkrétní činnosti, dále je uvedena doba trvání činnosti. Další sloupec zahrnuje procentní podíl na celkovém čase snímku pracovníka a poslední dva sloupce zahrnují rozdělení jednotlivých činností na práci a prostoje, dále na činnosti přidávající a nepřidávající hodnotu.

Tabulka 7: Sumarizace z měření operátora na pracovišti AP 20 B (Zdroj: vlastní zpracování prostřednictvím aplikace API)

Činnosti	Absolutní vyjádření doby trvání činnosti [hod, min, s]	Relativní vyjádření doby trvání činnosti	Práce/prostoj	VA/NVA
Obecně nutná přestávka (svačina)	0:30:00	6,25 %	Nezahrnuje se	
Obecně nutná přestávka (2*5 minut)	0:10:00	2,08 %		
Rozhovor pracovní	0:12:11	2,54 %	Práce	NVA
Manipulace	0:19:14	4,01 %	Práce	NVA
Mimo pracoviště	0:32:04	6,68 %	Prostoj	NVA
Čekání	0:37:18	7,77 %	Prostoj	NVA
Obsluha stroje	0:41:02	8,55 %	Práce	VA
Dokumentace	0:53:32	11,15 %	Práce	NVA
Montáž	4:04:39	50,9 %	Práce	VA
Σ	8:00:00	100,00 %		

3.2.3 Snímek pracovního dne operátora na pracovišti AP 30 a AP 40

- *Datum realizace snímku pracovního dne:* 20.7.2016.
- *Pracoviště působnosti snímkaného operátora:* obsluha nýtovacího stroje (AP 30), kontrolního stroje (AP 40) a plnění KLT boxů zkompletovanými zámkami.
- *Časový úsek snímkování operátora:* 6:00-14:00 (celá směna).
- *Čas obecně nutných přestávek:* 2*5 minut (v 8:00 a 12:00) a 30 minut (v 10:00).
- *Čas směny:* 8 hodin → 480 minut.
- *Čistý čas pro výkon práce (očistění o čas přestávek):* $480 \text{ minut} - (2*5) - 30 = 440$ minut.



Graf 8: Vytížení operátora na pracovišti AP 30 a AP 40 (Zdroj: vlastní zpracování prostřednictvím aplikace API)

Poměr práce a prostojů

Poměr práce v případě operátora působícího na pracovišti nýtovacího a kontrolního stoje je 77 % času směny, poměr prostojů zaznamenaných v průběhu směny je potom 23 %. Mezi práci je zařazeno načítání kódů a jeho následné nalepení na KLT box, manipulace, obsluha stroje a montáž. Naproti tomu mezi prostoje je zařazena absence operátora na pracovišti (mimo pracoviště) a čekání (nečinnost).

Práce z celkového času směny představuje 5 hodin 36 minut a 47 sekund. Oproti tomu prostoje představují 1 hodinu 43 minut a 13 sekund. Zbýlých 40 minut potom představuje zákonné přestávky.

Poměr činností přidávajících a nepřidávajících hodnotu

Graf poměru činností přidávajících a nepřidávajících hodnotu znázorňuje tyto skutečnosti. Lze si všimnout, že činnostem přidávajícím hodnotu náleží 67 % a činnostem nepřidávajícím hodnotu náleží zbytek, tedy 33 %. Mezi činnosti hodnotu přidávající patří

pouze obsluha stroje a montáž, avšak tyto dvě činnosti představují z celé směny značný poměr oproti ostatním, převážně v případě montáže. Naproti tomu mezi činnosti hodnotu nepřidávající je zařazena absence operátora na lince mimo dobu zákonných přestávek, načítání kódů a jejich následné nalepení na KLT boxy, manipulace a čekání (nečinnost).

Činnosti přidávající hodnotu představují *4 minuty 56 minut a 20 sekund*. Oproti tomu činnosti nepřidávající hodnotu představují *2 hodiny 23 minut a 40 sekund*. Zbýlých *40 minut* potom představuje zákonné přestávky.

Činnosti přidávající hodnotu lze vypočítat také prostřednictvím indexu přidané hodnoty, který lze vyjádřit z tabulky, kterou uvádím v teoretické části, konečný výpočet potom vypadá následovně:

Tabulka 8: Index přidané hodnoty operátora na pracovišti AP 30 a AP 40 (Zdroj: vlastní zpracování dle Košturiaka (2010, str. 31))

Přidaná hodnota		Plýtvání		Nepřidaná hodnota ale nutná práce	
Činnost	Čas [hod, min, s]	Činnost	Čas [hod, min, s]	Činnost	Čas [hod, min, s]
Obsluha stroje	0:38:39	Mimo pracoviště	0:12:54	Načtení kódu + nalepení	0:17:18
Montáž	4:17:41	Čekání	1:30:19	Manipulace	0:23:09
Suma	4:56:20		1:43:13		0:40:27
Index přidané hodnoty (%) = $\frac{\sum \text{činnosti přidávající hodnotu}}{\sum \text{celkové trvání činností}} * 100 =$					67,35 %

Komplexní graf činností v průběhu směny

Další a zároveň poslední graf v rámci snímků pracovního dne představuje opět komplexní činnosti, které nastaly v průběhu směny v určitém poměru. Největší část směny vykonával operátor, tak jako u všech ostatních provedených snímků, montáž, která tvoří 53,68 % času celé směny, v časových jednotkách montáž představuje *4 hodiny 17 minut a 41 sekund*. Další činností, vlastně spíše nečinností, je čekání, které tvoří 18,82 % z celkového času. V časových jednotkách čekání představuje *1 hodinu 30 minut a 19 sekund*. Dále byla v činnostech zaznamenána obsluha stroje, která tvoří 8,05 % celku a zahrnuje *38 minut a 39 sekund* z celé směny. V pořadí další činností je manipulace, která představuje 4,82 %, tedy *23 minut a 9 sekund*. Další činností zaznamenanou

v průběhu snímkování je načítání kódů a následné nalepení na KLT box. Tato činnost představuje 3,6 % času směny, v absolutním vyjádření je to potom *17 minut a 18 sekund*. Situace, kdy operátor nebyl přítomen na svém pracovišti, mimo období přestávek, trvala dohromady *12 minut a 54 sekund*, tedy 2,69 % celku. Další dvě činnosti již tvoří pouze zákonem předepsané přestávky v průběhu směny, kdy suma dvou pětiminutových přestávek zahrnuje 2,08 % z celého času směny a velká půlhodinová přestávka představuje 6,25 % z času celé směny.

Popis jednotlivých činností prováděných na konkrétních pracovištích:

- **Montáž:** činnosti nutné ke kompletaci komponent, které provádí operátor před samotným vložením dílů do nýtovacího stroje (AP 30) a nasazení krytky před vložením zkompletovaného zámku do kontrolního stroje.
- **Obsluha stroje:** obsluha kontrolního stroje (AP 40) a obsluha nýtovacího stroje (AP 30).
- **Načtení kódu + nalepení:** tato činnost je vykonávána vždy po naplnění boxu zámky, k identifikace pro interní KANBAN.
- **Manipulace:** proklad boxu po dokončení položení, manipulace s boxem, manipulace s prázdným boxem.
- **Mimo pracoviště:** operátor nebyl přítomen na svém pracovišti mimo dobu zákonných přestávek.
- **Čekání:** rozhovor s kolegy, nečinnost, čekání na stroj.

Na následujícím obrázku je zahrnut souhrn naměřených skutečností. Nejprve je uveden název konkrétní činnosti, dále je uvedena doba trvání činnosti. Další sloupec zahrnuje procentní podíl na celkovém čase snímku pracovníka a poslední dva sloupce zahrnují rozdělení jednotlivých činností na práci a prostoje, dále na činnosti přidávající a nepřidávající hodnotu.

Tabulka 9: Sumarizace z měření operátora na pracovišti AP 30 a AP 40 (Zdroj: vlastní zpracování prostřednictvím aplikace API)

Činnosti	Absolutní vyjádření doby trvání činnosti [hod, min, s]	Relativní vyjádření doby trvání činnosti	Práce/prostoj	VA/NVA
Obecně nutná přestávka (svačina)	0:30:00	6,25 %	Nezahrnuje se	
Obecně nutná přestávka (2*5 minut)	0:10:00	2,08 %		
Mimo pracoviště	0:12:54	2,69 %	Prostoj	NVA
Načtení kódu + nalepení	0:17:18	3,60 %	Práce	NVA
Manipulace	0:23:09	4,82 %	Práce	NVA
Obsluha stroje	0:38:39	8,05 %	Práce	VA
Čekání	1:30:19	18,82 %	Prostoj	NVA
Montáž	4:17:41	53,68 %	Práce	VA
Σ	8:00:00	100,00 %		

Zajímavou skutečností, která vyplynula ze snímku pracovního dne operátora působícího v době měření na pracovišti linky AP 30 a AP 40 je, že čekání, tedy činnost nepřidávající hodnotu zahrnuje 18,82 %. Již toto zjištění, že téměř čtvrtina směny není operátorem na konečných pracovištích linky vykonávána žádná činnost značí fakt, že norma stanovená na lince je špatně nastavena a lze tedy během směny vyprodukovat větší množství kusů zámků, než je stanoveno aktuální normou spotřeby času na lince.

3.3 Miniaudit

Společností API mi bylo dále doporučeno provést komplexní miniaudit napříč celou montážní buňkou. Tyto miniaudity se konkrétně zabývají nejprve zhodnocením stavu pořádku a čistoty na pracovišti, dále zhodnocením vizualizace jednotlivých pracovišť a zhodnocením údržby strojů. Tyto miniaudity jsou nápomocné ke zlepšení bezpečnosti práce na pracovišti a také k efektivnějšímu dodržování zákaznických požadavků (zákaznického taktu), což je hlavním cílem společnosti.

3.3.1 Miniaudit pořádku a čistoty

Pořádek a čistota na pracovišti jsou mimo jiné důležité především pro bezpečnost práce a udržení neúrazovosti na pracovišti, jelikož se udržováním pořádku dá zabránit zbytečným úrazům zapříčiněným zbytečnými překážkami působící negativně na

operátorem vykonávané operace nebo další možné vlivy, které mohou vzniknout nepořádkem na pracovišti. Dále pořádek na pracovišti zabraňuje nejen zbytečným úrazům, které kvůli němu mohou nastat, ale lze docílit také zrychlení a zamezení chyb při provádění operací na konkrétních pracovištích při nejen implementaci, ale také samotném dodržování uspořádaného a čistého pracoviště.

Následující tabulka znázorňuje stav toho, jak si analyzovaná montážní linka stojí právě z pohledu miniauditů pořádku a čistoty. Konkrétně je v rámci tohoto miniauditů doporučené společností API zaměřit se na to, zda je pracoviště *čisté, přehledné a uspořádané*, dále je dobré věnovat pozornost výskytu *nepotřebných věcí* na lince. Dalším hodnotícím kritériem v rámci miniauditů pořádku a čistoty je zjištění, zda jsou na pracovišti *prázdné a volné logistické cesty*, zda je zajištěn plynulý tok zásobovacích procesů, ale také průchod operátorů v průběhu prováděných operací během směny. Další dvě kritéria navíc pojednávají o tom, zda jsou dodržovány *postupy dle plánu úklidu* a zda jsou zavedeny *standardy 5S* vizuálního pracoviště.

Tabulka 10: Miniaudit pořádku a čistoty na pracovištích montážní linky (Zpracováno dle: předložené šablony API dle vlastního pozorování linky)

Miniaudit pořádku a čistoty analyzované linky	
Pracoviště je čisté, přehledné a uspořádané.	ano
Na pracovišti se nevyskytují žádné nepotřebné věci.	částečně
Logistické cesty jsou prázdné a volné.	částečně
Je dodržován postup dle plánu úklidu.	ano
Jsou zavedeny standardy 5S.	ano
Počet dosažených bodů (absolutně)	8
Počet dosažených bodů (relativně)	80 %

Všechny uvedené kritéria v rámci pořádku a čistoty jsou dodržovány tak, jak je stanoveno interními standardy společnosti. Pouze kritérium, které dbá na absenci nepotřebných věcí a kritérium volných a prázdných logistických cest není dodrženo v plné výši. Důkazy toho, proč tyto dvě kritéria nejsou uspokojeny v plné výši uvádí následující dvojice obrázků. Kde zleva je uveden příklad nesplnění kritéria volných logistických cest, kde kartonové proklady jsou neúhledně pohozeny v regálu vývozu a při průchodu operátoři často o tyto neúhledně porovnané proklady boxů zavadí a mnohdy je musejí rovnat zpět na své místo. Druhý obrázek znázorňuje neuspokojení kritéria absence nepotřebných věcí na pracovišti. Že zde má operátor uložen batoh ještě není zásadní argument, avšak k práci

nepřidává žádnou přidanou hodnotu a při pesimistickém scénáři by za určitých okolností mohl nastat úraz na pracovišti, při neopatrné manipulaci. Někdo by mohl namítat, že batoh je zde pověšen kvůli dodržování pitného režimu, avšak operátoři mají v montážní buňce u každého pracoviště k dispozici stojan na láhev s pitím, proto i v případě tohoto argumentu je batoh na pracovišti nevhodný.



Obrázek 19: Zjištěné nedostatky miniauditů pořádku a čistoty (Zdroj: vlastní zpracování)

3.3.2 Miniaudit vizualizace pracoviště

Důležitost vizualizace na pracovišti v podobě označení dílů, ukládacích prostor pro nářadí přes výkonovou tabuli až po definici míst ukládání nástrojů je důležitá nejen kvůli bezpečnosti a zdraví při práci v podobě uložení nástrojů, které nemohou následně operátora nijak ohrozit. Dalšími výhodami vizualizovaného pracoviště je minimalizace plýtvání, které může nastat hledáním potřebných nástrojů a komponent v průběhu provádění operací. Označením a definováním míst uložení těchto nástrojů operátor hned ví, kde má konkrétní nástroj, který aktuálně potřebuje, hledat. Zamezí se tak zbytečným prostojům napříč výrobním procesem. Tabule výkonu na druhé straně podává jasný obraz toho, jak si linka vede v různých ukazatelích, které se na tabuli průběžně zaznamenávají. Management společnosti provádí pravidelné audity, kdy hodnotí a diskutuje aktuální situaci na lince a měl by přicházet s nápravnými opatřeními v případě nedostatku, ale také

by měl podřízené pracovníky pochválit formou jedné z mnoha odměn, pokud je dlouhodobě dodržován výborný stav v rámci sledovaných statistik.

Následující tabulka znázorňuje stav toho, jak si analyzovaná montážní linka stojí z pohledu miniaudit vizualizace na pracovišti. Společnost API navrhla hodnotící tabulku miniaudit vizualizace na pracovišti, jejíž položky budou nyní rozebrány trochu blíže. V rámci tohoto miniaudit se hodnotí, zda je všechna *nekvalita* vytříděna a označena za nevyhovující, dále se dbá na fakt, zda jsou *pomůcky a nástroje* nezbytně nutné k výkonu práce na lince *řádně označeny*. Mezi další hodnotící kritéria patří zjištění, zda je pro operátora *jednoduché nalézt potřebný díl* nebo součást pro výrobní činnost, dále se hodnotí, zda je u linky zavedena a využívána *tabule výkonu*, která má měřit vybrané ukazatele výkonu a produktivity práce. Poslední dvě kritéria se zaměřují na hodnocení toho, zda jsou *věci potřebné k výkonu práce* na lince uloženy *na definovaných místech* a zda je *jasně a přehledně dán plán výroby a pracovní postup* jednotlivých operací na lince.

Tabulka 11: Miniaudit vizualizace na pracovišti (Zpracováno dle: předložené šablony API dle vlastního pozorování linky)

Miniaudit vizualizace na pracovištích analyzované linky	
Všechna nekvalita je vytříděna a označena.	ano
Pomůcky a nástroje jsou označeny.	ano
Je snadné nalézt součást nebo díl pro výrobní činnosti.	ano
Na pracovišti je zavedena vizualizace v podobě tabule s ukazateli výkonu a produktivity práce.	ano
Věci jsou uloženy na definovaných místech.	částečně
Je jasně a přehledně dán plán výroby a pracovní postup.	částečně
Počet dosažených bodů (absolutně)	10
Počet dosažených bodů (relativně)	83 %

V případě realizace miniaudit vizualizace konkrétního pracoviště bylo zjištěno, že po této stránce si montážní linka vede nepatrně lépe než v předchozím případě. V případě kritéria uložení věcí na předem definovaných místech dle určeného standardu linky neměla svoje místo definováno lepenka a řezací nůž, které operátorovi na posledním pracovišti linky (kontrolního stroje) sloužily tyto věci k finálnímu zalepení boxů označených pod názvem IMC 100. Lepenka a řezací nůž byly odloženy operátorem na náhodné místo podle jeho preferencí, avšak své definované umístění tyto věci určené nemají. Tuto skutečnost uvádí obrázek níže (vpravo). Dále je uveden obrázek toho, kam

je v případě nekvality tento vadný kus vytríděn (vlevo) a dále je uveden důkaz toho, jak jsou všechny montážní díly označeny (uprostřed).



Obrázek 20: Postřehy z miniauditů vizualizace na pracovišti (Zdroj: vlastní zpracování)

Další kritérium v rámci miniauditů vizualizace na pracovišti, které je splněno pouze částečně je v případě definice pracovních postupů. Pracovní postupy pro všechny pracoviště jsou sice stanoveny, avšak bylo pozapomenuto na *standard postupu ukládání hotových zámků do úložných boxů a postup jejich následného přesunu na paletu vývozu*. Miniauditem totiž bylo zjištěno, že každý operátor působící na tomto pracovišti vykonává tuto činnost dle vlastních preferencí. Toto zjištění je další předmětem k řešení v rámci vlastních návrhů řešení.

3.3.3 Miniaudit údržby strojů

O důležitosti údržby strojních zařízení napříč všemi pracovišti linky není třeba spekulovat. Na důležitost údržby strojů lze nahlížet z mnoha hledisek, mezi jedno takové patří důležitost z pohledu zvýšení pravděpodobnosti zachování bezpečnosti a zdraví při výkonu práce. Další hledisko, proč je údržba strojních zařízení důležitá je z pohledu správného technologického postupu výroby všech produktů, které přijdou do styku s konkrétním strojním zařízením. Lze tak důsledně zamezit vzniku nekvality produktu, která by mohla vzniknout neprodleně při strojním času výroby, další nekvalita by se mohla projevit např. až při užívání produktu zákazníkem. Avšak fakt, že všechny produkty vyráběné na lince mají následně uplatnění dále v automobilovém průmyslu při výrobě automobilů, je kladen velký důraz na to, aby všechna nekvalita, byla řádně vytríděna. Důkazem tohoto faktu je také výsledný audit, o kterém se pojednává dále. Dalším hlediskem, proč je údržba strojů důležitá je fakt, že se výrazně zvyšuje živostnost

strojního zařízení díky pravidelné údržbě, dále to také šetří firemní výdaje za výměnu rozbitých dílů atd.

Následující tabulka znázorňuje stav toho, jak si analyzovaná montážní linka stojí z pohledu miniauditů údržby strojních zařízení. Konkrétně je v rámci tohoto miniauditů doporučené společností API zaměřit se na to, zda jsou *strojní zařízení označené a na první pohled identifikovatelné*. Dále se hodnotí, zda je *vedena kniha závad a oprav stroje i s časy délky opravy*, dále zda je *nastaven a vizualizován proces pravidelné údržby stroje*. Poslední dvě hodnotící kritéria hodnotí, zda je samotný *operátor* působící na lince *schopen sám provádět drobné opravy a seřízení strojního zařízení* a zda je zavedena *metoda TPM*.

Tabulka 12: Miniaudit údržby strojních zařízení (Zpracováno dle: předložené šablony API dle vlastního pozorování linky)

Miniaudit údržby strojních zařízení na pracovištích analyzované linky	
Stroje jsou označené a na první pohled identifikovatelné.	ano
Vede se kniha závad a oprav stroje i s časy délky opravy.	ano
Je nastaven a vizualizován proces pravidelné údržby stroje.	ano
Pracovník umí provádět drobné opravy a seřízení.	ano
Je zavedena metoda TPM.	ano
Počet dosažených bodů (absolutně)	10
Počet dosažených bodů (relativně)	100 %

Další a v pořadí poslední miniaudit se zabývá údržbou strojních zařízení linky. V tomto ohledu nebyl shledán žádný nedostatek a po provedené studii dokumentace, kterou obsahuje každé pracoviště linky jsem byl schopen konstatovat, že pravidelná údržba a další kritéria jsou v rámci tohoto miniauditů pravidelně evidovány a dodržovány dle předem stanoveného harmonogramu. V případě společnosti působící v automobilovém průmyslu by při značném tlaku konkurence společnost ani neměla příliš velkou šanci na úspěch na globálním ani tuzemském trhu, kdyby nedbala na kvalitu strojních zařízení, které mohou ovlivnit samozřejmě i kvalitu výrobků a časté poruchy strojů mohou mít za důsledek průtah průběhu zakázky. Některé skutečnosti z pozorování v rámci miniauditů údržby strojních zařízení na pracovištích analyzované linky jsou uvedeny na následujícím obrázku.



Obrázek 21: Postřehy z miniauditů údržby strojních zařízení (Zdroj: vlastní zpracování)

3.4 Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky

Jak již bylo řečeno v teoretické části této práce, cyklový čas nám definuje skutečné výrobní možnosti analyzované výrobní linky. Cyklový čas (Cycle Time) je stanoven dobou od zahájení výroby jednoho kusu, do zahájení výroby dalšího kusu. (MĚŘENÍ A INDIKACE DOBY CYKLU VÝROBNÍCH LINKE, ©2017)

Tato definice však vychází ze situace, kdy je analyzovaná výroba prováděna v rámci jednoho pracoviště. Avšak v tomto případě je analyzována montážní buňka, kde je pracovišť samozřejmě víc. Proto je zapotřebí určit nejprve cyklové časy každého pracoviště. Právě nejdelší cyklový čas nám následně udává cyklový čas celé linky. Cyklové časy nám dále vytvoří obraz o tom, jak je linka vybalancovaná, tedy zda časová náročnost operací je rovnoměrně mezi operátory rozdělena či nikoliv.

K tomu, abych byl schopen konstatovat, zda je montážní linka vybalancována ve správném poměru pro každého operátora a zda současná norma spotřeby času k montáži zámků je nastavena ideálně a zda není norma příliš měkká či v opačném případě nejsou operátoři přetěžováni z důvodu příliš vysoké normy, bylo zapotřebí vytvořit data o cyklových časech každého operátora, což muselo být vytvořeno pro každé pracoviště zvlášť a následně bylo nutné pro každého operátora hodnoty cyklových časů jednotlivých pracovišť sečíst dohromady. Z těchto součtů cyklových časů jednotlivých pracovišť následně vzniká stav balancování linky.

3.4.1 Přehled norem Ford Mondeo

K tomu, abych mohl zhodnotit nejen současný stav balancování linky, ale mohl také skutečný stav porovnat s normou spotřeby času, musel jsem se zaměřit na aktuálně danou časovou normu na lince. Aktuální stav normy znázorňuje následující dvojice obrázků, kde v záhlaví tabulky je znázorněn kód, který představuje identifikaci konkrétního zámku. Dále je norma rozdělena podle aktuálního počtu operátorů působících na lince, dále také záleží na typu boxu, do kterého jsou hotové zámky ukládány, jelikož do každého typu boxu lze umístit jiný počet zámků. V případě IMC boxu lze umístit větší počet kusů, proto je norma vyšší než v případě KLT boxů. Dále samotná norma udává, kolik minut je zapotřebí k výrobě 1 000 kusů zámků.

Jelikož norma je stanovena pro skutečnost, kdy vyrábíme 1 000 kusů, lze nyní dvěma způsoby porovnat normy se skutečně naměřeným cyklovým časem linky. Buď můžeme naměřený cyklový čas určit pro tisíc kusů, ale také lze přepočítat tabulky norem podle časové náročnosti na 1 kus výrobku. Já pro účely této práce budu vycházet z časové náročnosti k výrobě 1 kusu výrobku, abych po náměrech cyklových časů nemusel údaje přepočítávat pro 1 000 kusů. Samotný přepočet navíc bude převeden na sekundy. Přepočet normy vychází z následujícího logického vzorce:

$$\text{Norma spotřeby času na 1 ks} = \left[\frac{\left(\frac{\text{norma spotřeby času na 1 000 ks}}{1\,000} \right)}{\text{počet operátorů na lince}} \right] * 60$$

Tabulka 13: Přehled norem linky Ford Mondeo (verze 377) (Upraveno dle: tabule výkonu montážní linky)

0104137700*			
Počet operátorů na lince	Typ úložného boxu	Norma spotřeby času na 1 000 ks [v min.]	Norma spotřeby času na 1 ks [v s.]
3	KLT	1364	27,28
2	KLT	1519	45,57
3	IMC 100	1406	28,12
2	IMC 100	1561	46,83

Tabulka 14: Přehled norem linky Ford Mondeo (verze 378) (Upraveno dle: tabule výkonu montážní linky)

0104137800*			
Počet operátorů na lince	Typ úložného boxu	Norma spotřeby času na 1 000 ks [v min.]	Norma spotřeby času na 1 ks [v s.]
3	KLT	1424	28,48
2	KLT	1590	47,7
3	IMC 100	1508	30,16
2	IMC 100	1674	50,22

3.4.2 Výpočet minimálního počtu měření pro každou operaci

Ještě před samotnými náměry cyklových časů jednotlivých operací je zapotřebí vyjádřit si, kolik měření každého cyklového času jednotlivé operace musíme změřit, abychom mohli data považovat za reprezentativní a považovat je téměř za bezchybné s pouze *5procentní přípustné chybě*, tedy při *spolehlivosti 95 %*. Samotný výpočet počtu měření a pomocné výpočty jsou uvedeny v teoretické části práce.

K tomu, abychom byli schopni výpočet minimálního počtu měření vyjádřit, je zapotřebí nejprve naměřit prvotní cyklové časy každé operace, v počtu minimálně pěti měření pro každou operaci. Z těchto údajů dále můžeme vypočítat aritmetický průměr pro každou operaci, dále směrodatnou odchylku každé operace a konečný výpočet minimálního počtu měření cyklových časů, které lze následně prohlásit za spolehlivé a lze tyto naměřená data prohlásit za pravdivé.

Prvotní náměry cyklových časů každé operace

V době náměrů cyklových časů jednotlivých operací na lince HKS Mondeo byl na lince následující stav:

- *Verze zámku:* 0104137700 → zádň zámek Ford Kuga.
- *Typ úložného boxu:* IMC 100 → vyšší pracnost balení než KLT box.
→ vyšší norma z pohledu času k dispozici.

Tabulka 15: Prvotní náměry cyklových časů jednotlivých operací pro účely výpočtu počtu měření
(Zdroj: vlastní zpracování z pozorování linky)

Pracoviště	Činnost vykonávaná na pracovišti	1. náměr [v s.]	2. náměr [v s.]	3. náměr [v s.]	4. náměr [v s.]	5. náměr [v s.]
AP 10 B	1. operace: k základní části zámku je manuální montáží přidána komponenta a následně je provedena automatická montáž a mazání ve stroji (vždy 1:1 = operátor:stroj).	16,7	19,6	17,1	17,3	18,1
AP 20 B	2. operace: manuální montáž, kdy je provedeno nasazení západky (bílé), rohatky a pružiny západky do zámku (vždy 2 kusy operátor předchystá a mezitím se automatickou montáží 2 kusy dohotovují ve stroji).	23,4	22,9	19,9	21,3	20,1
AP 30	3. operace: manuální montáž, kdy operátor nasadí kovový díl na zámek a vložení do nýtovacího stroje (vždy 2 kusy předchystává, 2 kusy se mezitím nýtují ve stroji).	12,3	13,1	10,2	11,6	9,7
AP 40	4. operace: Po pracovišti AP 30 B operátor nasadí na zámek plastovou krytku a vloží zámek do kontrolního stroje (mezitím úkon opakuje) následně vyjme zámek ze stroje a provede vizuální kontrolu kusu, který následně vloží do předchystané krabice.	5,9	7,2	6,4	5,3	4,9

Výpočet aritmetického průměru pro jednotlivé operace

- 1. operace: $\overline{X}_1 = \frac{16,7 + 19,6 + 17,1 + 17,3 + 18,1}{5} = 17,76 \text{ s.}$
- 2. operace: $\overline{X}_2 = \frac{23,4 + 22,9 + 19,9 + 21,3 + 20,1}{5} = 21,52 \text{ s.}$
- 3. operace: $\overline{X}_3 = \frac{12,3 + 13,1 + 10,2 + 11,6 + 9,7}{5} = 11,38 \text{ s.}$
- 4. operace: $\overline{X}_4 = \frac{5,9 + 7,2 + 6,4 + 5,3 + 4,9}{5} = 5,94 \text{ s.}$

Výpočet směrodatné odchylky pro jednotlivé operace

- 1. operace: $s_1 = \sqrt{\frac{(16,7-17,76)^2 + (19,6-17,76)^2 + (17,1-17,76)^2 + (17,3-17,76)^2 + (18,1-17,76)^2}{5-1}} = 1,15$
- 2. operace: $s_2 = \sqrt{\frac{(23,4-21,52)^2 + (22,9-21,52)^2 + (19,9-21,52)^2 + (21,3-21,52)^2 + (20,1-21,52)^2}{5-1}} = 1,59$
- 3. operace: $s_3 = \sqrt{\frac{(12,3-11,38)^2 + (13,1-11,38)^2 + (10,2-11,38)^2 + (11,6-11,38)^2 + (9,7-11,38)^2}{5-1}} = 1,42$
- 4. operace: $s_4 = \sqrt{\frac{(5,9-5,94)^2 + (7,2-5,94)^2 + (6,4-5,94)^2 + (5,3-5,94)^2 + (4,9-5,94)^2}{5-1}} = 0,91$

Výpočet minimálního počtu měření

- 1. operace: $n_1 = \left(\frac{1,96 * 1,15}{0,05 * 17,6}\right)^2 = 6,56 \doteq \mathbf{7 \text{ měření}}$
- 2. operace: $n_2 = \left(\frac{1,96 * 1,59}{0,05 * 21,52}\right)^2 = 8,39 \doteq \mathbf{8 \text{ měření}}$
- 3. operace: $n_3 = \left(\frac{1,96 * 1,42}{0,05 * 11,38}\right)^2 = 23,93 \doteq \mathbf{24 \text{ měření}}$
- 4. operace: $n_4 = \left(\frac{1,96 * 0,91}{0,05 * 5,94}\right)^2 = 36,06 \doteq \mathbf{36 \text{ měření}}$

3.4.3 Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky při směně se dvěma operátory

Jelikož se jedná o minimální počet měření, rozhodl jsem se pro zajištění této přesnosti nasbírat celkem 40 náměrů cyklových časů pro každou operaci. Tabulka, která znázorňuje náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť (operací) linky je obsažena v příloze této práce pod názvy „Příloha A: Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky při směně dvou operátorů (1. část)“ a „Příloha B: Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky při směně dvou operátorů (2. část)“. Jednotlivé náměry cyklových časů jsou očištěny o abnormality typu čekání, soukromý rozhovor, absence operátora na lince mimo dobu přestávky apod., to tedy znamená, že celkově bylo měření uskutečněno nepatrně více než 40 uvedených.

Je uveden také takt linky, který vychází ze stanovené normy spotřeby času, která je závislá na verzi zámku, která je aktuálně vyráběna, typu úložného boxu, do kterého jsou kompletní zádňí zámky ukládány a záleží také na počtu operátorů, kteří působí v měřené době na lince. Konkrétní norma připadající verzi zámku, typu úložného boxu a počtu operátorů, která odpovídá situaci v době měření cyklových časů znázorňuje následující tabulka, kde konkrétní norma je zvýrazněna žlutou barvou:

Tabulka 16: Norma spotřeby času odpovídající situaci v době měření cyklových časů pracovišť linky při směně se dvěma operátory a úložných boxech typu IMC 100 (Upraveno dle: výkonové tabule linky)

0104137700*			
Počet operátorů na lince	Typ úložného boxu	Norma spotřeby času na 1 000 ks [v min.]	Norma spotřeby času na 1 ks [v s.]
3	KLT	1 364	27,28
2	KLT	1 519	45,57
3	IMC 100	1 406	28,12
2	IMC 100	1 561	46,83

Při výpočtu cyklových časů jsem vycházel z následujícího vzorce, který je rovněž uveden v teoretické části této práce:

$$T_c = \frac{t_k}{q_s}$$

Kde T_c = celková doba výrobního cyklu,

q_s = počet součástí současně opracovávaných na pracovišti,

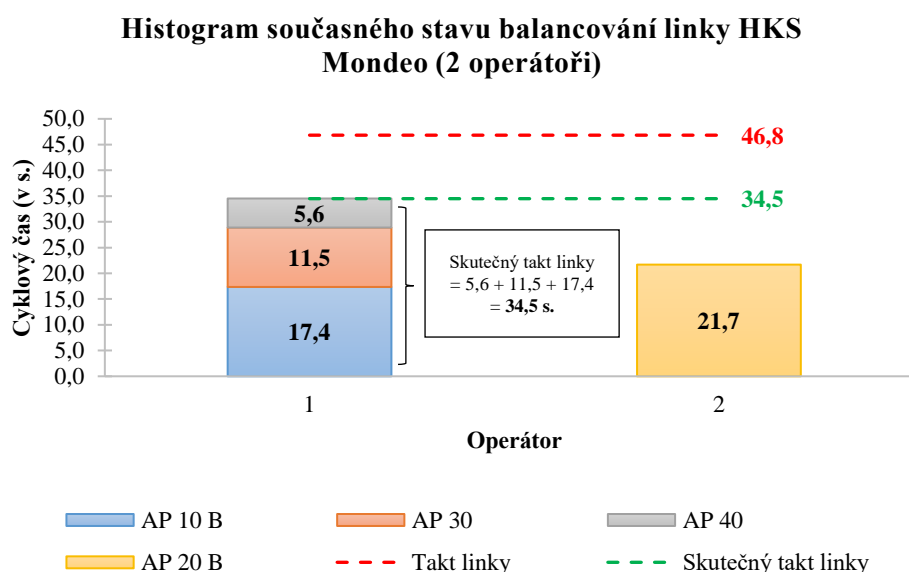
t_k = Cycle Time.

3.4.4 Stav balancování linky při práci dvou operátorů v montážní buňce

Ze samotných náměrů cyklových časů jednotlivých pracovišť (operací) linky, byla následně vyjádřena průměrná hodnota pro každé pracoviště (operaci). Pro každého operátora byly následně přiřazeny cyklové časy operací, které daný operátor vykonává, tedy prvnímu operátorovi byly přiřazeny operace na pracovištích AP 10 B, AP 30 a AP 40. Následně lze sestavit diagram cyklů, který znázorňuje vytíženost jednotlivých operátorů, kde je také znázorněn současný takt linky stanovený podle normy spotřeby času.

Je důležité si uvědomit, že takt linky nám udává nejdelší cyklový čas operace, avšak při výkonu více operací jedním operátorem je skutečný cyklový čas linky právě součet cyklových časů, které vykonává každý operátor. Následně největší suma cyklových časů nám udává skutečný takt linky. Dále je důležité vědět, procentní přírážku k nejvyššímu cyklovému času linky, jelikož každá společnost by při stanovování taktu linky měla přidávat právě tuto přírážku kvůli pravděpodobnosti, že nastane neočekávaná abnormalita

na pracovišti. Konkrétně společnost WITTE Nejdek, spol. s r.o. stanovuje tuto přírážku ve výši 10 % k naměřenému taktu linky.



Graf 9: Histogram současného stavu balancování linky HKS Mondeo (2 operátoři) (Zdroj: vlastní zpracování z provedeného měření)

Z uvedeného grafu je zřejmé, že při obsluze montážní linky ve složení dvou operátorů je tato linka značně *nevybalancována*, tzn. *přetíženost operátora č. 1*, jelikož v tomto případě obsluhuje celkem tři pracoviště, avšak druhý operátor obsluhuje pouze jedno pracoviště (viz grafické znázornění dále). Další zjištěnou skutečností je fakt, že *norma spotřeby času* je na lince příliš „měkká“, tedy že operátoři jsou schopni za směnu vyprodukovat více zámků, než mají stanoveno závazně předepsanou aktuální normou spotřeby času. Jednoduchým řešením vybalancování linky by se mohla jevit možnost přiřadit operaci na pracovišti AP 40 operátorovi č. 2, avšak specifikace jednotlivých činností na lince tuto možnost neumožňuje, jelikož operátor působící na 3. pracovišti (AP 30) musí ihned po provedení operace na tomto pracovišti pokračovat na pracoviště AP 40 k samotné kontrole zámku, zda je správně sestaven. Změna tohoto postupu by znamenala zbytečné prostoje napříč prováděním operací a výrobní tok by tak nebyl plynulý.

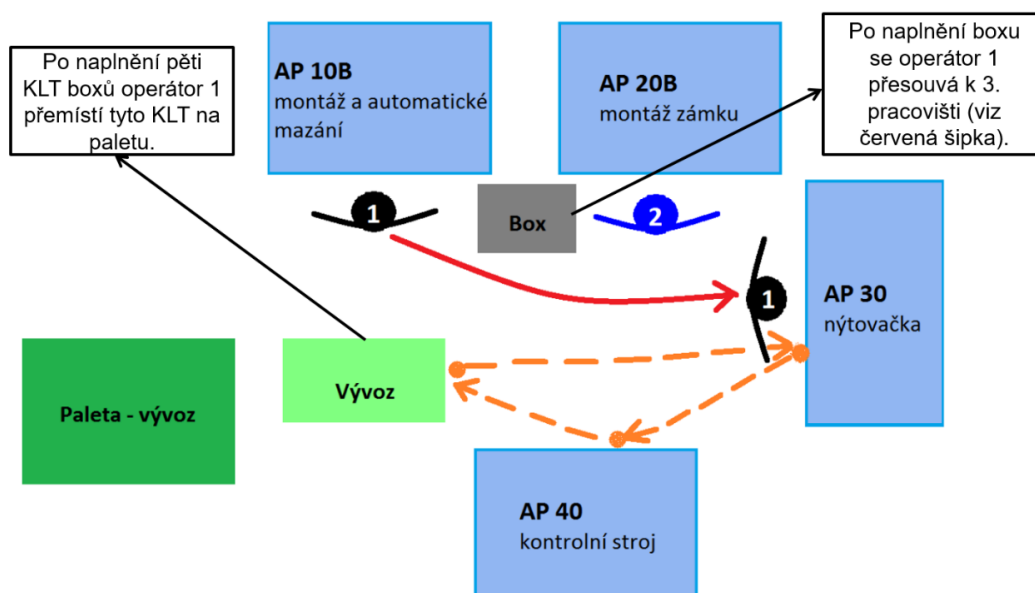
Procento plnění normy

Pokud budeme vycházet ze vzorce uvedeném v teoretické části práce, lze vyjádřit % plnění norem, které lze vypočítat následovně:

$$P = \frac{\sum T_{norm.}}{\sum T_{skut.}} * 100 = \frac{46,8}{37,95} * 100 = 123,32 \%$$

V čitateli je uvedena současná norma spotřeby času na 1 ks výrobku, následně ve jmenovateli je uveden skutečný takt linky, kde musíme pamatovat na přičtení 10 % *přirážky* ($34,5 * 1,1$). Z tohoto podílu nám vyjde konečný výsledek 123,32 %. I z tohoto výpočtu lze tedy konstatovat, že norma na lince je *příliš nízká* a lze tedy ve skutečnosti vyrobit více kusů. Je však důležité mít na vědomí, že norma ve jmenovateli počítá pouze s nepatrným výskytem forem plýtvání během směny, které představuje zmiňovaných 10 %. Jednoduše lze říci, že pokud by byla tato přirážka překročena, norma spotřeby času by byla vyšší.

3.4.5 Znázornění pohybů operátorů na lince HKS Mondeo (2 operátoři)



Obrázek 22: Znázornění pohybů operátorů na lince HKS Mondeo (2 operátoři) (Zdroj: vlastní zpracování z provedeného měření)

Jak již bylo řečeno v komentáři pod histogramem balancování linky v počtu dvou operátorů, *operátor 1 je značně přetížen* oproti operátorovi 2. Tuto skutečnost znázorňuje více uvedený obrázek, kdy operátor 1 po naplnění boxu u pracoviště AP 10 B přechází k nýtovacímu stroji (AP 30) a ihned postupně s každým kusem postupně přechází ke kontrolnímu stroji a kompletuje boxy s hotovými výrobky. Zatímco operátor 2 provádí

činnosti pouze na pracovišti AP 20 B, kde přejímá hotové kusy z boxu od pracoviště AP 10 B a posílá je dále k nýtovacímu stroji prvnímu operátorovi.

Řešení nevybalancovanosti montážní linky bude námětem k řešení v další kapitole, pojednávající o vlastních návrzích řešení současného stavu zjištěného právě prostřednictvím analýzy současné situace na montážní lince.

3.5 Shrnutí skutečností zjištěných analýzou současného stavu pro účely vlastních návrhů řešení

Na tomto místě uvádím stručný souhrn zjištěných skutečností vyplynulých z realizace analýzy současného stavu montážní buňky, kde jsou zdůrazněny především ty skutečnosti, které jsou hlavními podněty pro vlastní návrhy řešení, kterými se zabývá další kapitola této práce.

Snímky pracovního dne

a) Operátor na pracovišti AP 10 B (dále na AP 30 a AP 40):

Ze snímku pracovního dne tohoto operátora byl vyjádřen index přidané hodnoty o velikosti 76,82 %. Je vyjádřen poměrem sumy času činnosti přidávající hodnotu a sumy celkové doby trvání činností. Činnosti přidávající hodnotu trvaly dohromady 5 *hodin a 38 minut*, plýtvání napříč směnou trvalo 57 *minut a 50 sekund*. Nutné činnosti, které však hodnotu nepřidávají pak trvaly 44 *minut a 10 sekund*.

b) Operátor na pracovišti AP 20 B:

Ze snímku pracovního dne tohoto operátora byl vyjádřen index přidané hodnoty o velikosti 64,93 %. Činnosti přidávající hodnotu trvaly dohromady 4 *hodin 56 minut a 41 sekund*, plýtvání napříč směnou trvalo 1 *hodinu 9 minut a 22 sekund*. Nutné činnosti, které však hodnotu nepřidávají pak trvaly 1 *hodinu 24 minut a 57 sekund*.

c) Operátor na pracovišti AP 30 a AP 40:

Ze snímku pracovního dne tohoto operátora byl vyjádřen index přidané hodnoty o velikosti 67,35 %. Činnosti přidávající hodnotu trvaly dohromady 4 *hodin 56 minut*

a 20 sekund, plýtvání napříč směnou trvalo 1 hodinu 43 minut a 13 sekund. Nutné činnosti, které však hodnotu nepřidávají pak trvaly 40 minut a 27 sekund.

Ze snímků pracovního dne lze konstatovat, že *činnosti vykonávané operátory linky lze optimalizovat* a pro účely změny normy spotřeby času lze zaujmout stanovisko, že úprava normy je možná i z hlediska kompetencí operátorů linky.

Miniaudity

a) Miniaudit pořádku a čistoty:

Zde pro účely vlastních návrhů řešení byl zjištěn *nedostatek v případě místa uložení kartonových prokladů a mřížek*. Konkrétně je zde nastavena špatná ergonomie a proklady blokují logistické cesty, které pak zamezují volnému pohybu operátorů uvnitř buňky.

b) Miniaudit vizualizace pracoviště:

Zde nebyly shledány alarmující nedostatky, pouze by firma měla definovat *standard pracovního postupu v případě manipulace s hotovými zámky a následné manipulace s boxy*, dále *standard ukládání lepicí pásky a řezacího nože dle 5S* pro účely lepšího přístupu k pásce při uzavírání boxů IMC 100.

c) Miniaudit údržby strojů:

Zde pro účely vlastních návrhů nebyly nalezeny žádné nedostatky.

Definice cyklového času montážní buňky

Z náměrů cyklových časů jednotlivých pracovišť bylo zjištěno, že *při směně se dvěma operátory* je stav balancování linky *nevyhovující*, kdy je tato skutečnost dobrým podkladem pro vlastní návrhy řešení.

Dále skrze zjištění skutečného taktu linky bylo zjištěno, že *současná norma spotřeby času není optimálně stanovena*. Její úprava je opět podnětem pro vlastní návrhy řešení.

4 VLASTNÍ NÁVRHY ŘEŠENÍ

Vlastní návrhy řešení vycházejí z poznatků zjištěných v analytické části práce a jsou rozpracovány dle vlastní iniciativy pro účely ekonomického zhodnocení v případě realizace těchto návrhů vzniklých komplexní analýzou montážní buňky. Pro případ, kdy společnost bude i přes ideální obsazení linky zjištěné stavem balancováním i nadále preferovat obsazení při směně dvou operátorů, je v návrzích řešení rozpracována komplexní situace, která nastane změnou normy spotřeby času, která je uvedena pro všechny možné varianty. Konkrétně je počítáno se všemi možnými kombinacemi typů úložných boxů a počty operátorů na lince.

4.1 Vybalancování linky

Jelikož analýzou cyklových časů jednotlivých pracovišť montážní linky při manuální montáži a obsluze strojních zařízení každého pracoviště montážní buňky bylo zjištěno, že *vybalancování linky je při směně se dvěma operátory nevyhovující*, bylo následně rozhodnuto zavést na této lince montáž v případě *tří operátorů*. Zde bylo mým úkolem opět stav cyklových časů na lince změřit a následně zanalyzovat a po provedení těchto úkonů z analýzy vyhodnotit, zda v tomto stavu je již linka vybalancovaná, či je zapotřebí provést jiné nápravné opatření.

4.1.1 Výpočet minimálního počtu měření při směně tří operátorů

Opět jako v případě směny se dvěma operátory je na místě ještě před samotnými náměry cyklových časů jednotlivých operací si vyjádřit, kolik měření každého cyklového času jednotlivé operace musíme změřit, abychom mohli data považovat za reprezentativní a považovat je téměř za bezchybné s pouze 5procentní přípustnou chybou, tedy při spolehlivosti 95 %.

K tomu, abychom byli schopni výpočet minimálního počtu měření realizovat, je zapotřebí nejprve naměřit prvotní cyklové časy každé operace, v počtu minimálně pěti měření pro každou operaci. Z těchto údajů dále můžeme vypočítat aritmetický průměr pro každou operaci, dále směrodatnou odchylku každé operace a konečný výpočet minimálního počtu měření cyklových časů, které lze následně prohlásit za spolehlivé a reálné.

Prvotní náměry cyklových časů každé operace

V době náměrů cyklových časů jednotlivých operací na lince HKS Mondeo při směně se třemi operátory byl na lince následující stav:

- *Verze zámku:* 0104137800 → zádň zámek Ford Mondeo.
- *Typ úložného boxu:* IMC 100 → nižší pracnost balení než box IMC 100.
→ tzn. nižší norma z pohledu času k dispozici než v případě IMC boxů.

Tabulka 17: Prvotní náměry cyklových časů jednotlivých operací pro účely výpočtu počtu měření při směně se třemi operátory (Zdroj: vlastní zpracování z pozorování linky)

Pracoviště	1. náměr [v s.]	2. náměr [v s.]	3. náměr [v s.]	4. náměr [v s.]	5. náměr [v s.]
AP 10 B	21,4	25,2	27,5	17,1	18,3
AP 20 B	19,1	20,3	19,6	20,8	17,3
AP 30	14,1	15,4	15,0	19,2	11,1
AP 40	5,3	6,1	4,5	5,3	5,6

Výpočet aritmetického průměru pro jednotlivé operace

- 1. operace: $\bar{X}_1 = \frac{21,4 + 25,2 + 27,5 + 17,1 + 18,3}{5} = 21,90 \text{ s.}$
- 2. operace: $\bar{X}_2 = \frac{19,1 + 20,3 + 19,6 + 20,8 + 17,3}{5} = 19,42 \text{ s.}$
- 3. operace: $\bar{X}_3 = \frac{14,1 + 15,4 + 15,0 + 19,2 + 11,1}{5} = 14,96 \text{ s.}$
- 4. operace: $\bar{X}_4 = \frac{5,3 + 6,1 + 4,5 + 5,3 + 5,6}{5} = 5,36 \text{ s.}$

Výpočet směrodatné odchylky pro jednotlivé operace

- 1. operace: $s_1 = \sqrt{\frac{(21,4-21,90)^2 + (25,2-21,90)^2 + (27,5-21,90)^2 + (17,1-21,90)^2 + (18,3-21,90)^2}{5-1}} = 4,43$
- 2. operace: $s_2 = \sqrt{\frac{(19,1-19,42)^2 + (20,3-19,42)^2 + (19,6-19,42)^2 + (20,8-19,42)^2 + (17,3-19,42)^2}{5-1}} = 1,35$
- 3. operace: $s_3 = \sqrt{\frac{(14,1-14,96)^2 + (15,4-14,96)^2 + (15,0-14,96)^2 + (19,2-14,96)^2 + (11,1-14,96)^2}{5-1}} = 2,91$

$$4. \text{ operace: } s_4 = \sqrt{\frac{(5,3-5,36)^2 + (6,1-5,36)^2 + (4,5-5,36)^2 + (5,3-5,36)^2 + (5,6-5,36)^2}{5-1}} = \mathbf{0,58}$$

Výpočet minimálního počtu měření

- 1. operace: $n_1 = \left(\frac{1,96 * 4,43}{0,05 * 21,90}\right)^2 = 62,88 \doteq \mathbf{63 \text{ měření}}$
- 2. operace: $n_2 = \left(\frac{1,96 * 1,35}{0,05 * 19,42}\right)^2 = 7,43 \doteq \mathbf{7 \text{ měření}}$
- 3. operace: $n_3 = \left(\frac{1,96 * 2,91}{0,05 * 14,96}\right)^2 = 58,14 \doteq \mathbf{58 \text{ měření}}$
- 4. operace: $n_4 = \left(\frac{1,96 * 0,58}{0,05 * 5,36}\right)^2 = 17,99 \doteq \mathbf{18 \text{ měření}}$

4.1.2 Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky při směně tří operátorů

Jelikož se jedná o minimální počet měření, rozhodl jsem se pro zajištění této přesnosti nasbírat celkem 63 *náměrů* cyklových časů pro každou operaci. Tabulka, která znázorňuje náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť (operací) linky je obsažena v příloze této práce pod názvy „Příloha C: Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky při směně tří operátorů (1. část)“ a „Příloha D: Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky při směně tří operátorů (2. část)“. Jednotlivé náměry cyklových časů jsou očištěny o abnormality typu čekání, soukromý rozhovor, absence operátora na lince mimo dobu přestávky apod., to tedy znamená, že celkově bylo měření uskutečněno nepatrně více než 63 uvedených v příloze.

Je uveden také takt linky, který vychází ze stanovené normy spotřeby času, která je závislá na verzi zámku, která je aktuálně vyráběna, typu úložného boxu, do kterého jsou kompletní zádňí zámky ukládány a záleží také na počtu operátorů, kteří působí v měřené době na lince. Konkrétní norma připadající verzi zámku, typu úložného boxu a počtu operátorů, která odpovídá situaci v době měření cyklových časů znázorňuje následující tabulka, kde konkrétní norma je zvýrazněna žlutou barvou:

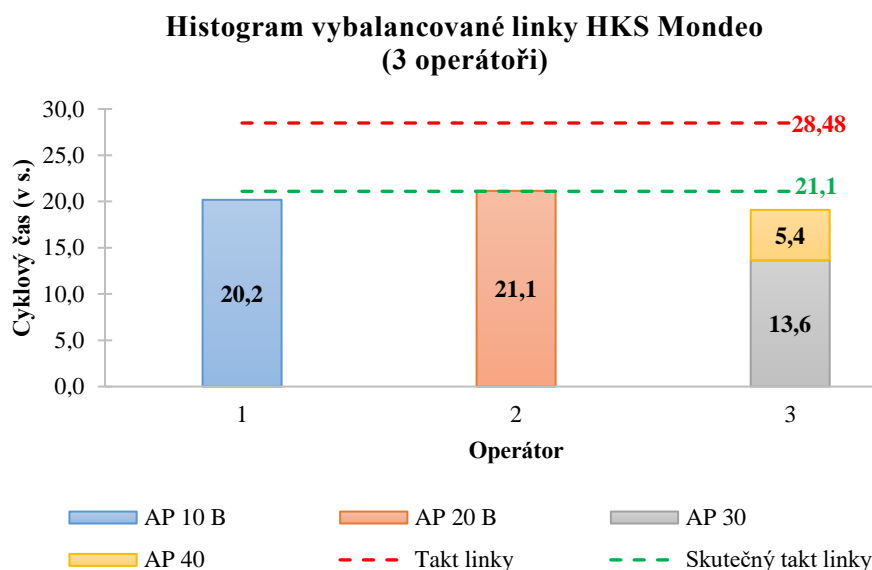
Tabulka 18: Norma spotřeby času odpovídající situaci v době měření cyklových časů pracovišť linky při směně se třemi operátory a úložných boxech typu KLT (Upraveno dle: výkonové tabule linky)

0104137800*			
Počet operátorů na lince	Typ úložného boxu	Norma spotřeby času na 1 000 ks [v min.]	Norma spotřeby času na 1 ks [v s.]
3	KLT	1 424	28,48
2	KLT	1 590	47,7
3	IMC 100	1 508	30,16
2	IMC 100	1 674	50,22

4.1.3 Stav balancování linky při práci tří operátorů v montážní buňce

Ze samotných náměrů cyklových časů jednotlivých pracovišť (operací) linky, byla následně vyjádřena průměrná hodnota pro každé pracoviště (operaci). Pro každého operátora byly následně přiřazeny cyklové časy operací, které daný operátor vykonává, tedy prvnímu operátorovi byla přiřazena operace na pracovištích AP 10 B (montáž a automatické mazání), druhému operátorovi byl přiřazen cyklový čas operace na pracovištích AP 20 B (montáž zámku) a třetímu operátorovi byly přiřazeny cyklové časy operací na pracovištích AP 30 (montáž a nýtování) a AP 40 (kontrolní stroj). Následně lze sestavit diagram cyklů, který znázorňuje vytíženost jednotlivých operátorů, kde je také znázorněn současný takt linky stanovený podle normy spotřeby času.

Je důležité si uvědomit, že takt linky nám udává nejdelší cyklový čas operace, avšak při výkonu více operací jedním operátorem je skutečný cyklový čas linky právě součet cyklových časů, které vykonává každý operátor. Následně největší suma cyklových časů nám udává skutečný takt linky. Dále je důležité vědět, procentní přírážku k nejvyššímu cyklovému času linky, konkrétně společnosti WITTE Nejdek, spol. s r.o. stanovuje tuto přírážku ve výši 10 % k naměřenému taktu linky.



Graf 10: Histogram balancování linky HKS Mondeo při směně se třemi operátory (Zdroj: vlastní zpracování z provedeného měření)

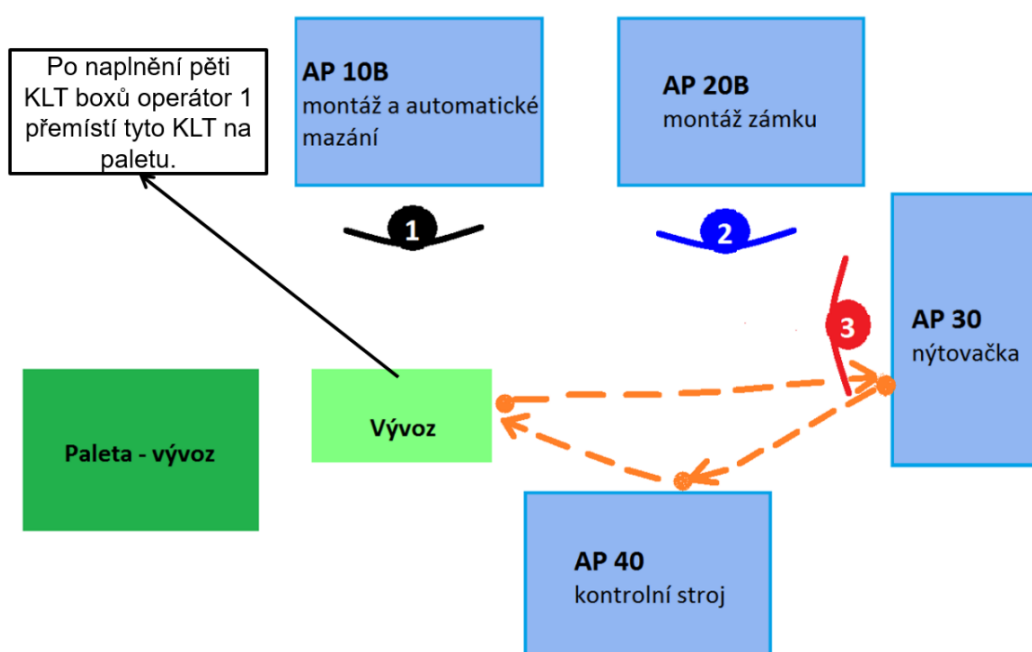
Z uvedeného grafu je zřejmé, že v případě *směny se třemi* operátory je vytížení každého operátora, až na malé odchylky, *téměř totožné*. Obrázek dále simuluje pohyby operátorů mezi jednotlivými operacemi. Cyklové časy jednotlivých operací jsou téměř *vybalancované* i v případě, že třetí operátor obsluhuje rovnou dvě pracoviště, jelikož cyklový čas čtvrté operace (AP 40) je nízký a dohromady udávají časy těchto dvou operací téměř totožné časy jako cyklové časy první a druhé operace. Další zjištěnou skutečností je fakt, že *norma spotřeby času je na lince příliš „měkká“*, tedy že operátoři jsou schopni za směnu vyprodukovat více zámků, než mají stanoveno závazně předepsanou aktuální normou spotřeby času. Po zjištění těchto skutečností doporučuji společnosti *obsazovat tuto montážní linku výhradně třemi operátory*.

Znázornění pohybů operátorů na lince HKS Mondeo (3 operátoři)

Následující obrázek simuluje pohyby operátorů na lince v případě, že je linka zastoupena třemi operátory najednou, což se jeví jako ideální stav, jelikož ani jeden z operátorů není oproti jinému vytížen více nebo méně. V případě směny se třemi operátory, cyklový čas prvního operátora, který vykonává úkony na pracovišti AP 10 B (montáž a automatické mazání) je 20,2 sekund, dále druhý operátor působící na pracovišti AP 20 B (manuální montáž a automatická montáž) vykonává operace, které představují cyklový čas ve výši 21,1 sekund. Třetí a zároveň poslední operátor linky má potom na starosti obsluhovat dvě

pracoviště zároveň, jejichž úkony jsou vykonávány za sebou. Tento operátor působí na pracovišti AP 30 (manuální montáž a strojní nýtování) a na pracovišti AP 40 (kontrolní stroj), který kontroluje správnou funkčnost kompletního zadního zámku. V případě třetího operátora je potom cyklový čas dohromady pro obě vykonávané operace celkem *19,0 sekund*. Lze tedy konstatovat, že montážní linka je při obsluze třemi operátory vybalancována téměř v ideálním poměru, tedy že časová náročnost k nutným úkonům pro výkon operací je vyrovnaný.

Přínosy, které přináší vybalancování linky je stručně shrnuto v poslední podkapitole vlastních návrhů řešení.



Obrázek 23: Znázornění pohybů operátorů na lince HKS Mondeo (3 operátoři) (Zdroj: vlastní zpracování z provedeného měření)

4.2 Stanovení nové normy spotřeby času na lince

4.2.1 Procento plnění aktuální normy spotřeby času na lince při směně tří operátorů

Pokud budeme vycházet ze vzorce uvedeném v teoretické části práce, lze vyjádřit % plnění norem, které lze vypočítat následovně:

$$P = \frac{\sum T_{\text{norm.}}}{\sum T_{\text{skut.}}} * 100 = \frac{28,48}{23,21} * 100 = \mathbf{122,71 \%}$$

V čitateli je uvedena současná norma spotřeby času na 1 ks výrobku, následně ve jmenovateli je uveden skutečný takt linky, kde musíme pamatovat na přičtení 10 % *přirážky* (21,1 * 1,1). Z tohoto podílu nám vyjde konečný výsledek 122,71 %. I z tohoto výpočtu lze tedy konstatovat, že *norma na lince je stanovena na příliš nízké úrovni* a lze tedy ve skutečnosti vyrobit znatelně více kusů produktů. Je však důležité mít na vědomí, že norma ve jmenovateli počítá pouze s nepatrným výskytem forem plýtvání během směny, které představuje zmiňovaných 10 %. Jednoduše lze říci, že pokud by byla tato přirážka překročena, norma spotřeby času by byla vyšší.

4.2.2 Stanovení nové normy spotřeby času

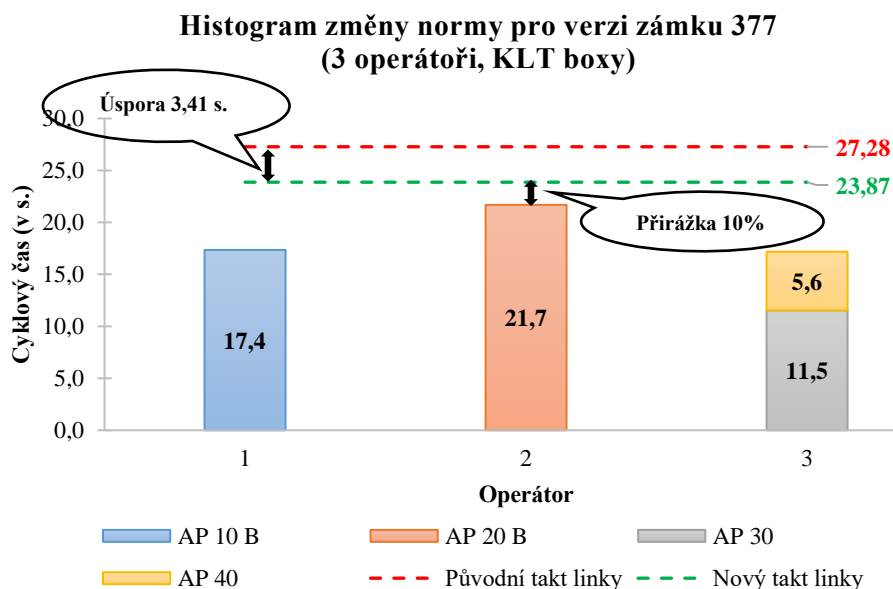
Provedenou analýzou cyklových časů napříč pracovišti linky bylo zjištěno, že *ideálním stavem*, tedy stavem vybalancování linky, je *působnost tří operátorů na lince*, kdy je dosaženo rovnoměrné zátěže každého operátora. Jelikož však firemní norma této linky počítá také s prací dvou operátorů na lince, dle mého názoru lze tuto variantu obsazení linky využít tedy v případě, kdy by se razantně snížily zákaznické požadavky na zadní zámky Ford, kdy produkce nevyžaduje tolik náročný tlak na časy průběžné doby výroby napříč pracovišti a operátoři tedy nemusejí provádět operace v tak rychlém taktu, jako v případě vyššího zákaznického taktu, kdy je tedy ideálnější obsadit linku třemi operátory.

Jelikož je potřeba pamatovat na různou časovou náročnost balení hotových zadních zámků pro různé typy úložných boxů, musíme tento fakt zohlednit také při stanovení nové normy spotřeby času. Já osobně navrhuji rozlišit tento časový rozdíl v náročnosti *rozlišením procentní přirážky pro každý typ úložného boxu zvlášť*. Jelikož box IMC 100 je na spotřebu času balením náročnější (do tohoto boxu se vejde víc zámků, lze vložit více položek, nakonec se musí zalepovat páskou, než se kompletní krabice vloží na paletu vývozu), navrhuji *procentní přirážku k normě ve výši 15 %* a pro KLT box navrhuji ponechat *stávající přirážku ve výši 10 %*.

Stanovení nové normy spotřeby času pro zadní zámky verze 0104137700

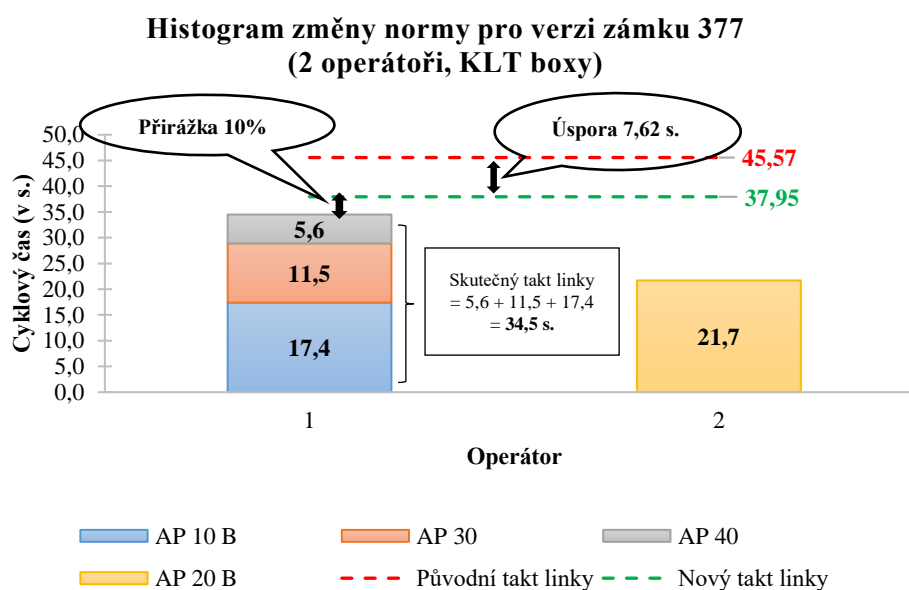
Pro účely stanovení nové normy spotřeby času v případě typu zadního zámku pro Ford Kuga je tedy nutné stanovit nové normy pro všechny typy využívaných úložných boxů (KLT a IMC 100), dále je zapotřebí vycházet z různého počtu operátorů obsazených na lince v průběhu směny podle variability zákaznických požadavků, i když bylo již konstatováno, že linka je vybalancována pouze v případě obsazení linky třemi operátory. Pro společnost je však hospodárnější v případě nižších zákaznických požadavků (snížení poptávky po zadních zámcích do modelu vozu Ford Kuga) obsadit linku pouze dvěma operátory, kdy samozřejmě cíl počtu vyrobených kusů na směnu není tak vysoký a dva operátoři zvládnout normu splnit i v tomto počtu.

Následující grafy znázorňují stanovení nové normy spotřeby času montážní linky pro každou z možných variant, které mohou nastat. Musíme tedy rozlišovat obsazení linky dvěma operátory a typ úložných boxů KLT, který je méně pracný na balení, dále směnu opět se dvěma operátory, ale v případě, kdy úložných boxem bude IMC 100, kde náročnost na balení je poněkud vyšší, zde tedy zohledním již zmiňovaný návrh rozlišení přírážky pro každý z typů úložného boxu. Dále může být linka obsazena třemi operátory, kde budou opět hotové zadní zámky ukládat buď do KLT boxu nebo IMC 100, kde opět rozliším pro každý druh úložného boxu různou výši přírážky k normě spotřeby času.



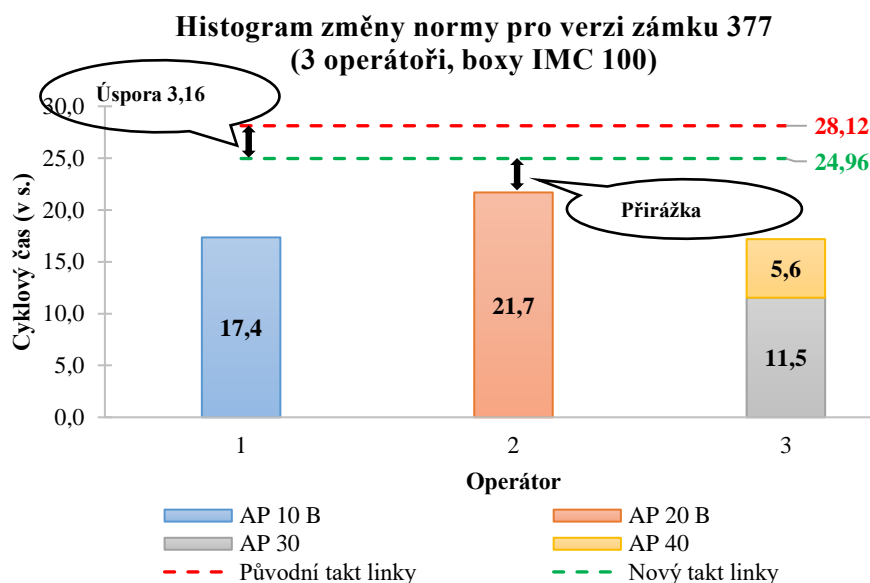
Graf 11: Grafické znázornění změny normy pro verzi zadního zámku Ford Kuga (3 operátoři, KLT boxy) (Zdroj: vlastní zpracování z realizované analýzy montážní linky HKS Mondeo)

V případě situace, že na lince je vyráběna verze zadního zámku pro Ford Kuga (377), působí zde tři operátoři a kompletní zadní zámky se ukládají do KLT boxu, původní norma spotřeby času na jeden kus tohoto zámku byla 27,28 *sekund*. Avšak náměry cyklových časů bylo zjištěno, po připočítání přírážky 10 %, že normu spotřeby času na jeden kus této verze zámku lze snížit o 3,41 *sekund*. Nová norma spotřeby času v této konkrétní situaci je 23,87 *sekund*.



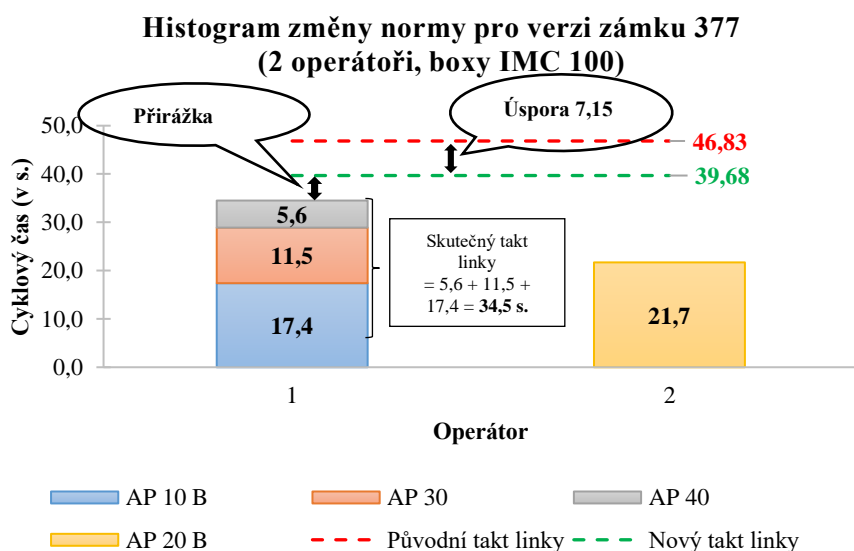
Graf 12: Grafické znázornění změny normy pro verzi zadního zámku Ford Kuga (2 operátoři, KLT boxy) (Zdroj: vlastní zpracování z realizované analýzy montážní linky HKS Mondeo)

V případě situace, že na lince je vyráběna verze zadního zámku pro Ford Kuga (377), působí zde dva operátoři a kompletní zadní zámky se ukládají opět do KLT boxu, původní norma spotřeby času na jeden kus tohoto zámku byla 45,57 *sekund*. Avšak náměry cyklových časů bylo zjištěno, po připočítání přírážky 10 %, že normu spotřeby času na jeden kus této verze zámku lze snížit o 7,62 *sekund*. Nová norma spotřeby času v této konkrétní situaci je 37,95 *sekund*.



Graf 13: Grafické znázornění změny normy pro verzi zadního zámku Ford Kuga (3 operátoři, boxy IMC 100) (Zdroj: vlastní zpracování z realizované analýzy montážní linky HKS Mondeo)

V případě situace, že na lince je vyráběna verze zadního zámku pro Ford Kuga (377), působí zde tři operátoři a kompletní zadní zámky se ukládají opět do boxů IMC 100, původní norma spotřeby času na jeden kus tohoto zámku byla 28,12 sekund. Avšak náměry cyklových časů bylo zjištěno, po připočítání přirážky 15 % (kvůli vyšší pracnosti balení kompletních zámků do tohoto boxu), že normu spotřeby času na jeden kus této verze zámku lze snížit o 3,16 sekund. Nová norma spotřeby času v této konkrétní situaci je 24,96 sekund.



Graf 14: Grafické znázornění změny normy pro verzi zadního zámku Ford Kuga (2 operátoři, boxy IMC 100) (Zdroj: vlastní zpracování z realizované analýzy montážní linky HKS Mondeo)

V případě poslední možné situace v rámci této verze zámku, kdy na lince je vyráběna verze zadního zámku pro Ford Kuga (377), působí zde dva operátoři a kompletní zadní zámky se ukládají opět do boxů IMC 100, původní norma spotřeby času na jeden kus tohoto zámku byla *46,83 sekund*. Avšak náměry cyklových časů bylo zjištěno, po připočítání přírážky 15 % (kvůli vyšší pracnosti balení kompletních zámků do tohoto boxu), že normu spotřeby času na jeden kus této verze zámku lze snížit o *7,15 sekund*. Nová norma spotřeby času v této konkrétní situaci je *39,68 sekund*.

Níže si ještě můžete všimnout souhrnné tabulky, která uvádí *kompletní přehled změny normy* verze zadního zámku 0104137700, kde je nejprve uvedeno, pro jaký počet operátorů a jaký typ úložného boxu je konkrétní norma určena, dále je uvedena norma spotřeby času, která byla této montážní lince dříve přidělena. V pořadí ve třetím sloupci zleva je dále uvedena autorem stanovená nová norma spotřeby času na jeden kus produktu a v posledním sloupci je vyjádřena úspora času, která vznikla stanovením nové normy spotřeby času (novým taktem linky).

Tabulka 19: Souhrnná tabulka změny normy spotřeby času na lince HKS Mondeo pro verzi zámku Ford Kuga (Zdroj: vlastní zpracování z realizované analýzy montážní linky HKS Mondeo)

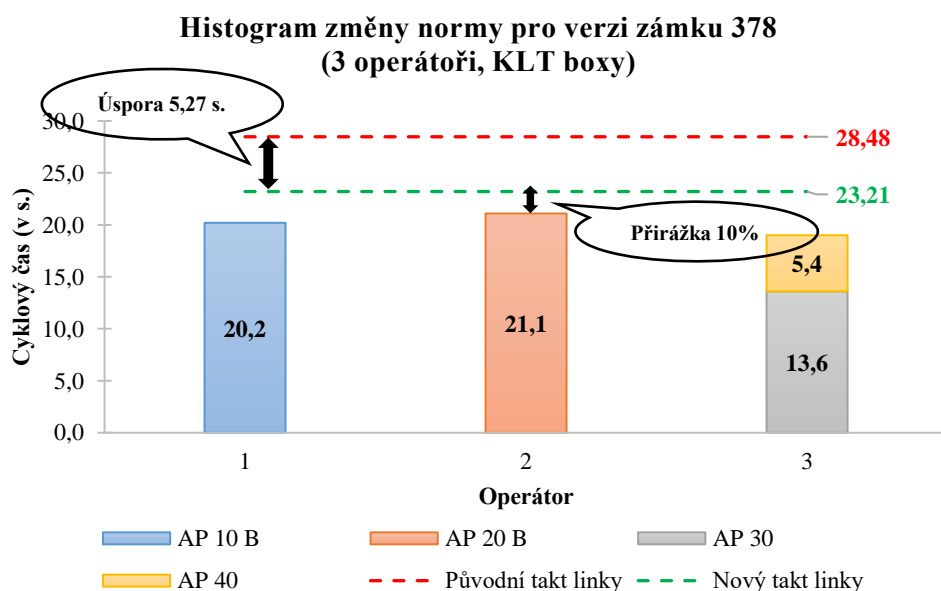
0104137700*				
Počet operátorů na lince	Typ úložného boxu	Původní norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	Nová norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	Úspora času [v s.]
3	KLT	27,28	23,87	3,41
2	KLT	45,57	37,95	7,62
3	IMC 100	28,12	24,96	3,16
2	IMC 100	46,83	39,68	7,15

Stanovení nové normy spotřeby času pro zadní zámky verze 0104137800

Pro účely stanovení nové normy spotřeby času v případě typu zadního zámku pro Ford Mondeo je tedy nutné stanovit nové normy pro všechny typy využívaných úložných boxů (KLT a IMC 100), dále je zapotřebí vycházet z různého počtu operátorů obsazených na lince v průběhu směny podle variability zákaznických požadavků, i když bylo již konstatováno, že linka je vybalancována pouze v případě obsazení linky třemi operátory. Pro společnost je však hospodárnější v případě nižších zákaznických požadavků (snížení poptávky po zadních zámcích do modelu vozu Ford Mondeo) obsadit linku pouze dvěma

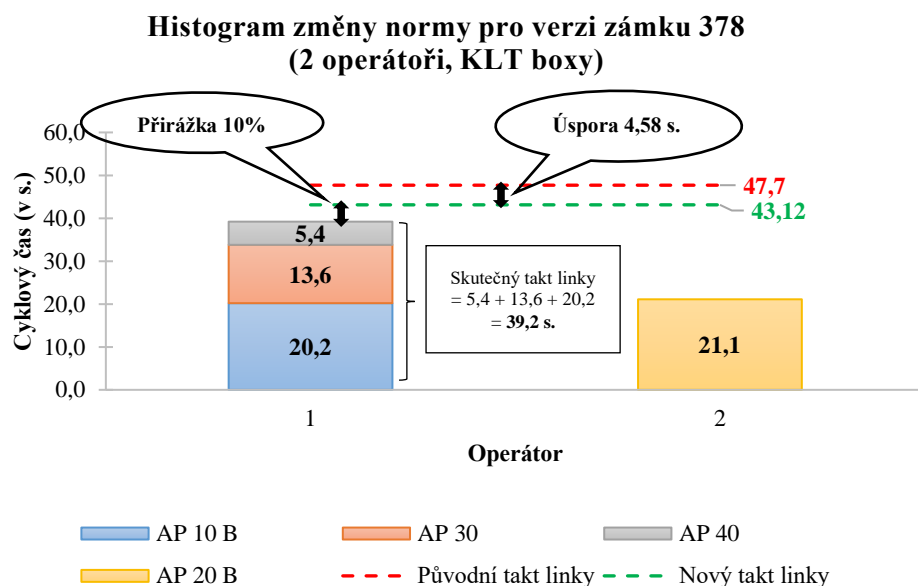
operátory, kdy samozřejmě cíl počtu vyrobených kusů na směnu není tak vysoký a dva operátoři zvládnout normu splnit i v tomto počtu, avšak je patrná vyšší pravděpodobnost vzniku abnormalit (čekání, vyšší zmetkovitost, chyby v pracovních postupech atd.)

Následující grafy znázorňují stanovení nové normy spotřeby času montážní linky pro každou z možných variant, které mohou nastat. Musíme tedy rozlišovat obsazení linky dvěma operátory a typ úložných boxů KLT, který je méně pracnější na balení, dále směnu opět se dvěma operátory, ale v případě, kdy úložných boxem bude IMC 100, kde náročnost na balení je značně vyšší, zde tedy zohledním již zmiňovaný návrh rozlišení přírážky pro každý z typů úložného boxu. Dále může být linka obsazena třemi operátory, kde budou opět hotové zadní zámky ukládat buď do KLT boxu nebo IMC 100, kde opět rozliším druh úložného boxu různou výší přírážky k normě spotřeby času.



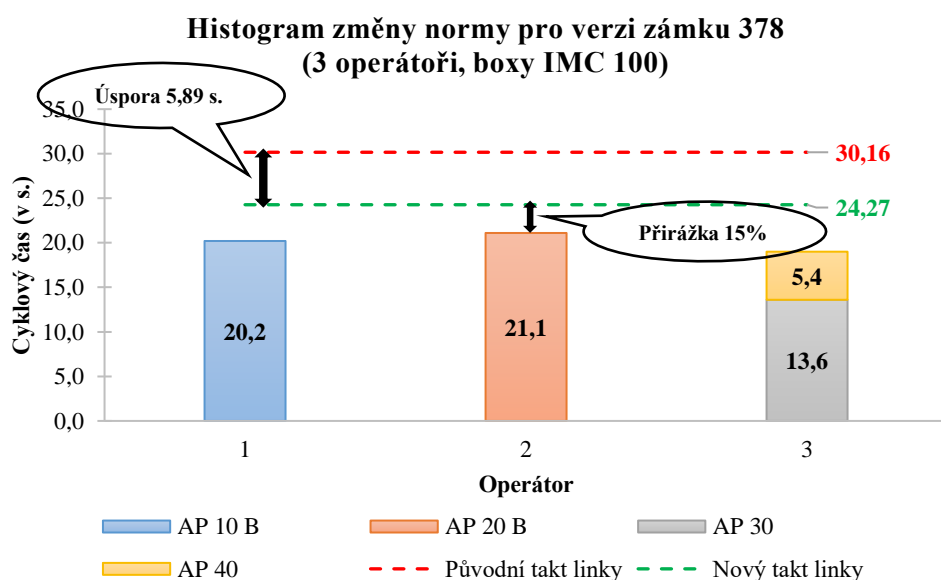
Graf 15: Grafické znázornění změny normy pro verzi zadního zámku Ford Mondeo (3 operátoři, KLT boxy) (Zdroj: vlastní zpracování z realizované analýzy montážní linky HKS Mondeo)

V případě situace, že na lince je vyráběna verze zadního zámku pro Ford Mondeo (378), působí zde tři operátoři a kompletní zadní zámky se ukládají do KLT boxu, původní norma spotřeby času na jeden kus tohoto zámku byla 28,48 sekund. Avšak náměry cyklových časů bylo zjištěno, po připočítání přírážky 10 %, že normu spotřeby času na jeden kus této verze zámku lze snížit o 5,27 sekund. Nová norma spotřeby času v této konkrétní situaci je 23,21 sekund.



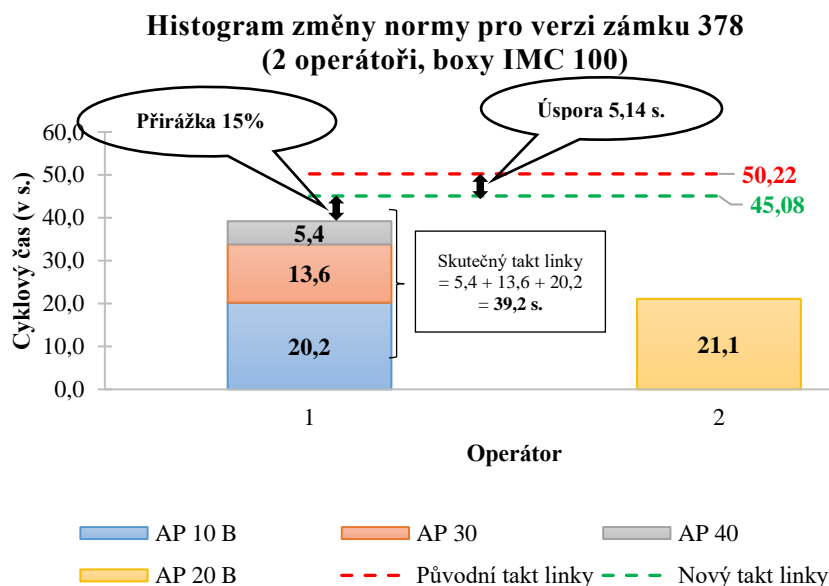
Graf 16: Grafické znázornění změny normy pro verzi zadního zámku Ford Mondeo (2 operátoři, KLT boxy) (Zdroj: vlastní zpracování z realizované analýzy montážní linky HKS Mondeo)

V případě situace, že na lince je vyráběna verze zadního zámku pro Ford Mondeo (378), působí zde dva operátoři a kompletní zadní zámky se ukládají opět do KLT boxu, původní norma spotřeby času na jeden kus tohoto zámku byla *47,7 sekund*. Avšak náměry cyklových časů bylo zjištěno, po připočítání přírážky *10 %*, že normu spotřeby času na jeden kus této verze zámku lze snížit o *4,58 sekund*. Nová norma spotřeby času v této konkrétní situaci je *43,12 sekund*.



Graf 17: Grafické znázornění změny normy pro verzi zadního zámku Ford Mondeo (3 operátoři, boxy IMC 100) (Zdroj: vlastní zpracování z realizované analýzy montážní linky HKS Mondeo)

V případě situace, že na lince je vyráběna verze zadního zámku pro Ford Mondeo (378), působí zde tři operátoři a kompletní zadní zámky se ukládají opět do boxů IMC 100, původní norma spotřeby času na jeden kus tohoto zámku byla *30,16 sekund*. Avšak náměry cyklových časů bylo zjištěno, po připočítání přírážky 15 % (kvůli vyšší pracnosti balení kompletních zámků do tohoto boxu), že normu spotřeby času na jeden kus této verze zámku lze snížit o *5,89 sekund*. Nová norma spotřeby času v této konkrétní situaci je *24,27 sekund*.



Graf 18: Grafické znázornění změny normy pro verzi zadního zámku Ford Mondeo (2 operátoři, boxy IMC 100) (Zdroj: vlastní zpracování z realizované analýzy montážní linky HKS Mondeo)

V případě poslední možné situace v rámci této verze zámku, kdy na lince je vyráběna verze zadního zámku pro Ford Mondeo (378), působí zde dva operátoři a kompletní zadní zámky se ukládají opět do boxů IMC 100, původní norma spotřeby času na jeden kus tohoto zámku byla *50,22 sekund*. Avšak náměry cyklových časů bylo zjištěno, po připočítání přírážky 15 % (kvůli vyšší pracnosti balení kompletních zámků do tohoto boxu), že normu spotřeby času na jeden kus této verze zámku lze snížit o *5,14 sekund*. Nová norma spotřeby času v této konkrétní situaci je *45,08 sekund*.

Níže si ještě můžete všimnout souhrnné tabulky, která uvádí *kompletní přehled změny normy* verze zadního zámku 0104137800, kde je nejprve uvedeno, pro jaký počet operátorů a jaký typ úložného boxu je konkrétní norma určena, dále je uvedena norma spotřeby času, která byla této montážní lince dříve přidělena. V pořadí ve třetím sloupci

zleva je dále uvedena autorem stanovená nová norma spotřeby času na jeden kus produktu a v posledním sloupci je vyjádřena úspora času, která vznikla stanovením nové normy spotřeby času (novým taktem linky).

Tabulka 20: Souhrnná tabulka změny normy spotřeby času na lince HKS Mondeo pro verzi zámku Ford Mondeo (Zdroj: vlastní zpracování z realizované analýzy montážní linky HKS Mondeo)

0104137800*				
Počet operátorů na lince	Typ úložného boxu	Původní norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	Nová norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	Úspora času [v s.]
3	KLT	28,48	23,21	5,27
2	KLT	47,7	43,12	4,58
3	IMC 100	30,16	24,27	5,89
2	IMC 100	50,22	45,08	5,14

4.3 Postřehy z pozorování pracovišť linky a návrh nápravného opatření

Na tomto místě dále uvádím postřehy, které jsem zaznamenal v průběhu mého měření snímků pracovního dne a náměrů cyklových časů jednotlivých operací prováděných na lince HKS Mondeo. Moje působnost na této lince byla dohromady téměř dva týdny s menšími přestávkami v důsledku provádění jiných činností ve společnosti a zde uvádím výčet některých skutečností, které by se na lince daly zlepšit nebo plně eliminovat.

4.3.1 Porušení pravidla ergonomie na pracovišti

V případě operátora, který působil na konečném pracovišti, kterým je kontrolní stroj (AP 40) v průběhu skládání hotových zadních zámků do KLT boxů byla *porušena zásada ergonomie* na pracovišti tím způsobem, že pokaždé, když operátor potřeboval kartonovou mřížku, která od sebe v KLT boxů odděluje jednotlivé zámkové, aby nedošlo k jejich poškození vzájemným kontaktem, musel se sehnout až téměř k zemi, aby mohl tuto zmiňovanou mřížku uchopit do rukou a umístit do KLT boxu. To je v rámci respektování ergonomie na pracovišti nepřijatelná činnost, která operátorovi může po delší době výkonu této činnosti způsobit až zdravotní potíže a celkově se jeví pro operátora příliš namáhavá a nevyhovující, jelikož tento úkon je v průběhu směny prováděn mnohokrát. Ohýbat se operátor musel také pro kartonové proklady, které oddělují jednotlivá položení zámků v KLT boxech. Tyto kartonové proklady měl operátor umístěny hned vedle

kartonových mřížek pod regálem vývozních boxů. Následující obrázek znázorňuje podobu a umístění zmiňovaných kartonových prokladů a mřížek:



Obrázek 24: Podoba a umístění kartonových prokladů a mřížek (Zdroj: vlastní zpracování)

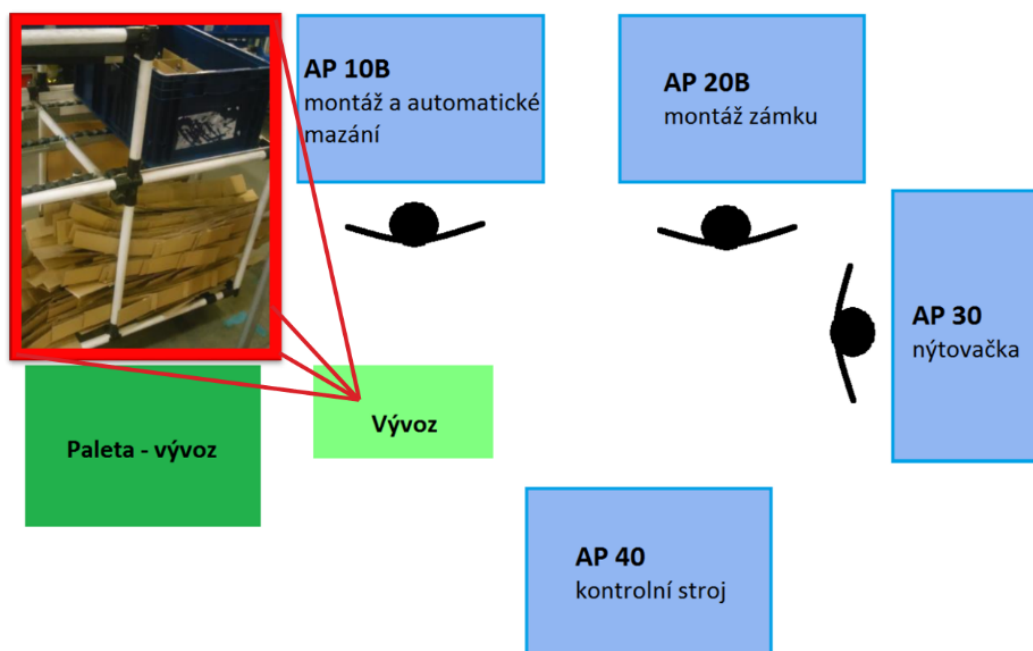
Možným řešením špatné ergonomie na pracovišti by dle mého názoru mohly být *pravidelné dodávky kartonových mřížek a prokladů interním logistickým zásobovacím systémem*, přesněji prostřednictvím milk runu, což je vozík, který zásobuje materiálem ze skladu pracoviště dle předem určeného harmonogramu a trasy zásobování, kdy je ve většině případech aplikován systém zásobování Just In Time (JIT), aby se zamezilo přeplňování zásobovacích míst materiálem.

4.3.2 Modelový příklad

- *Základní předpoklady pro účely modelového příkladu:* verze zámku 378; KLT box; 3 operátoři.
- *Kapacita KLT boxu:* 2*6 kusů → 2 ks kartonových mřížek + 2 ks kartonových prokladů na 1 ks KLT boxu.
- *Denní kapacita linky za předpokladu nové normy spotřeby času:* 1 137 ks zámků/směna.
- *Nutný počet KLT boxů*
$$= \frac{\text{denní kapacita linky}}{\text{počet kusů zámků v 1 ks KLT boxu}} = \frac{1\,137}{12} = \text{cca } 95 \text{ ks KLT boxů}$$
 za směnu.
- *Nutné množství kartonových prokladů a kartonových mřížek za směnu* $= 95 * 2 = 190$ ks kartonových prokladů a 190 ks kartonových mřížek za směnu.

- 1 ks KLT boxu se naplní za cca 4 min. 39 s. $\rightarrow \frac{60 \text{ minut}}{4 \text{ minuty } 39 \text{ sekund}} = \text{cca } 13 \text{ KLT boxů/1 hodina.}$
- *Konečné řešení modelového příkladu:* zásobování každou hodinu **26 ks** kartonových prokladů a kartonových mřížek.

Následující obrázek navíc znázorňuje aktuální umístění zmiňovaných kartonových prokladů a kartonových mřížek, které jsou na regálu vývozu, kde se kompletují KLT boxy kompletními zámky, které posléze mohou již putovat do meziskladu.



Obrázek 25: Vizualizace místa umístění kartonových prokladů a mřížek (Zdroj: vlastní zpracování)

4.4 Nákup aplikace API

Jak již bylo zmíněno v analytické části této práce, aplikace API je efektivním řešením v případě analýzy nasbíraných dat pro účely snímku pracovního dne pracovníků. Pozorovatel nemusí přepisovat ručně zaznamenaná data do elektronické podoby, ale pohodlně exportuje nasbíraná data z tabletu přímo do předformátovaného souboru, který již sám vytvoří grafy jednotlivých činností, dále poměr činností přidávajících a nepřidávajících výrobku přidanou hodnotu, také graf zachycující poměr práce a prostojů napříč měřeným úsekem. Také samotné měření pracovních činností je prostřednictvím

aplikace API mnohem pohodlnější, než například v případě použití obyčejných stopek a záznamového archu.

Společnosti WITTE Nejdek, spol. s r.o. bych doporučil pořídit si tuto aplikaci pro účely snímků pracovního dne napříč dalšími linkami společnosti dle aktuální potřeby, jak pro účely přenormování linek, kdy prostřednictvím aplikace lze snadno měřit také již rozebírané cyklové časy, dále pro účely zavádění nové linky bude aplikace jistě velmi přínosná. Samotná investice do této aplikace přitom není nijak vysoká, v porovnání s následnými úsporami, které aplikované měření po analyzování nasbíraných dat a vyvození potřebných nápravných opatření společnosti z ekonomického hlediska přinese.

Následující tabulka uvádí cenovou kalkulaci této aplikace, která je dodávána také s tabletem. Společnost má potom dvě možnosti nákupu aplikace, buď skrze časově omezený pronájem tohoto tabletu s nainstalovanou aplikací, dále si lze tablet s aplikací API koupit na trvalo. Záleží již na samotné společnosti, pro kterou variantu se rozhodne.

Tabulka 21: Formy nákupu aplikace API a cenová kalkulace (Zdroj: (SNADNÉ MĚŘENÍ PRÁCE DÍKY APLIKACI API, ©2005-2017)

Forma nákupu aplikace	Cena aplikace (ceny jsou uvedeny bez DPH)
Měsíční pronájem	1 500,- Kč
Trvalé odkoupení (tablet + aplikace API)	15 000,- Kč

4.5 Podmínky realizace a přínosy

Předposlední kapitola vlastních návrhů řešení uvádí podmínky, za kterých by výše uvedené návrhy bylo možné realizovat, dále tato kapitola shrnuje přínosy realizace samotných návrhů, pokud se společnost rozhodne návrhy realizovat.

4.5.1 Podmínky realizace

Balancování linky

K tomu, aby bylo dosaženo vybalancování montážní buňky, bylo prostřednictvím náměrů cyklových časů zjištěno, že je zapotřebí obsazovat jednotlivá pracoviště linky celkem *třemi operátory*. Dále je zapotřebí optimalizovat spotřebu časů činností ukládání

hotových zámku do boxů a přesunu plných boxů na paletu vývozu. Tyto činnosti následují po samotné kontrole zámků. V současné době jsou tyto činnosti vykonávány se zkontrolovanými zámky operátory vykonávány různými způsoby, podle toho, jak je zvyklý vykonávat tuto činnost konkrétní operátor, avšak ne všechny způsoby jsou dle spotřeby času ideální. Optimalizaci času lze dosáhnout *pozorováním místa vývozu linky* a následným *definováním nejlepšího pracovního postupu*. Dále je důležité vytvořit *standard* (návod) provádění těchto operací, bude také nutné *proškolit zaměstnance*, aby bylo dosaženo správné implementace výše zmíněného pracovního postupu.

Stanovení nové normy spotřeby času

V rámci vlastních návrhů řešení byla rozpracována možnost stanovení nové normy spotřeby času. Nutností pro efektivní implementaci nové normy bude pro společnost vykonání následujících činností:

- *Přetypování norem spotřeby času jednotlivých pracovišť* v podnikovém informačním systému.
- Zásahem do technické přípravy výroby, konkrétně optimalizací času průběžné doby výroby bude zapotřebí *upravit rozvrhování výroby*, jelikož rozvrhování výroby je samozřejmě s TPV úzce provázáno. Tato podmínka realizace bude pravděpodobně předmětem zájmu plánovače výroby.

Stanovení nového taktu linky

Ze zjištění nové normy spotřeby času vplynuly také nové takty linky, které jsou odvozeny od činnosti, která se vyznačuje největší časovou náročností. Pro stanovení nového taktu linky navrhuji následující postup:

- Pro případ úložného boxu KLT ponechat stávající *přirážku k normě ve výši 10 %*, kdy tato sazba přirážky vyjádříme z času nejnáročnější činnosti, následně nám suma tohoto času a procentní přirážky udává takt linky.
- Pro případ úložného boxu IMC 100, který se vyznačuje vyšší pracností na balení, kde je zapotřebí mimo jiné vykonat více činností, hrozí tedy vyšší riziko vzniku abnormalit v podobě vyššího času pro výkon operace než v případě standardního času. Je tedy zapotřebí tento fakt promítnout v sazbě přirážky. Proto pro případ

úložného boxu IMC 100 navrhuji *přirážku ve výši 15 %* pro stanovení nového taktu linky a zajištění jeho stability.

Vyřešení ergonomie na pracovišti

Pro účely realizace řešení problému s ergonomií navrhuji dvě podmínky realizace. Jako první podmínku navrhuji *definici nového místa uložení kartonových prokladů a mřížek*, především je nutnou podmínkou realizace tohoto návrhu zhotovení regálu, který bude ve správné výšce pro manipulaci ve stoje. Konkrétně lze pořídit *regál s nastavitelnou výškou plochy* pro účely přizpůsobení správné výšky, kterou požadují ergonomická pravidla.

Další podmínkou je *dovoz tohoto materiálu interním zásobováním* (milk run), kdy by bylo zapotřebí přiřadit do rozvrhu trasy zásobování napříč směnou právě zásobování linky tímto materiálem, přínosy této realizace rozebírá další podkapitola.

Další nutnou podmínkou realizace tohoto návrhu je *školení zaměstnanců*, které již bylo zmiňováno v případě implementace standardu pracovního postupu v místě vývozu zámků.

Nákup aplikace API

Dalším a zároveň posledním návrhem je *nákup aplikace API*, prostřednictvím které byly realizovány snímky pracovního dne uvedené v analytické části práce.

Pro více informací o aplikaci a realizaci nákupu aplikace či pronájmu lze využít jeden z následujících kontaktů:

- *telefon:* +420 312 576 888,
- *e-mail:* info@e-api.cz.

4.5.2 Přínosy

Balancování linky

Jelikož stav linky je v případě směny se třemi operátory téměř *ideálně vybalancován*, každý operátor je tedy vytížený srovnatelně s ostatními, nevzniká stres některého operátora, že nestíhá přebírat komponenty od předchozího operátora. Je tedy *zamezeno*

pravděpodobnosti vzniku abnormality (např. chyby v postupu montáže zámku) a je tedy i nižší *pravděpodobnost vzniku některé z forem plýtvání* na pracovišti.

Vybalancováním linky je zajištěn *tok jednoho kusu* (One Piece Flow). Mezi vybrané výhody toku jednoho kusu lze zařadit např. nulová zmetkovitost na výstupu, eliminace plýtvání u každé vykonávané operace na lince (redukce času čekání, redukce zásob atd.), zkrácení celkového času výroby apod.

Stanovení nové normy spotřeby času a definice nového taktu linky

O přínosech, které by přinesla implementace změny normy spotřeby času a s tím související změna taktu linky pojednává následující kapitola, přesný název kapitoly zní: „*Ekonomické zhodnocení vyplývající z návrhu řešení nové normy spotřeby času na lince HKS Mondeo*“.

Vyřešení ergonomie na pracovišti

Vyřešením problému s ergonomií na pracovišti bude následně docíleno následujících přínosů, které implementace nápravných opatření přinese:

- *zvýšení bezpečnosti na pracovišti* (v důsledku ohýbání se operátor může zranit),
- *snížení spotřeby času* (zvýšení efektivnosti pohybů, smyslové funkce),
- *snížení námahy nutné k výkonu operace*,
- *redukce fyzické zátěže operátora* (eliminace ohýbání),
- *zvýšení produktivity práce při snížení zatížení operátora*.

Nákup aplikace API

Přínosy aplikace API lze mimo fakt, že napomůže společnosti *zvyšovat její produktivitu* prostřednictvím měření operací vykonávaných na různých pracovištích shrnout do třech odrážek. Tyto přínosy jsou následující:

- *redukce času z pohledu analýzy nasbíraných dat* oproti snímku pracovního dne realizovaného prostřednictvím stopek,
- *komfort průběhu měření* (pozorovatel nemusí zaznamenávat jednotlivé názvy činností a jejich časy ručně do záznamového archu).
- *brzká návratnost investice* do aplikace zvýšením produktivity ve společnosti.

4.6 Mimoekonomický přínos vyplývající z návrhu řešení nové normy spotřeby času na lince HKS Mondeo

Hlavním přínosem této práce shledávám v rámci celé analýzy montážní linky HKS Mondeo *zjištění špatně stanovené normy spotřeby času* v rámci obou verzí zámků, které jsou na lince kompletovány skrze automatickou a manuální montáž operátorů linky. Jelikož norma je stanovena u obou verzí zadních zámků i v případě všech variant, které mohou na lince nastat (různý počet operátorů, různé úložné boxy), lze z tohoto zjištění vyvodit přínosné důsledky, které vzniknou, pokud by se radami obsaženými v této práci společnost řídila a dále by se těmito radami řídila i v případě dalších linek společnosti, převážně potom u nově zaváděných linek, kde normy spotřeby času teprve budou měřit a komplexně tyto linky analyzovat.

4.6.1 Zvýšení produktivity při změně aktuální normy spotřeby času na lince HKS Mondeo

Změnou normy spotřeby času pro konkrétní varianty zadních zámků a specifických situací, které mohou nastat (různý počet operátorů a různé druhy úložných boxů), lze vyjádřit zvýšení produktivity, které vznikne právě díky aplikaci nově naměřených norem spotřeby času na lince, kdy srovnáním nové spotřeby času s původní normou spotřeby času vznikne rozdíl, který představuje zmiňované zvýšení produktivity na analyzované montážní lince HKS Mondeo. V tabulce je vždy v prvním řádku uvedeno, pro jaký počet operátorů je daná norma určena, dále pro jaký typ úložných boxů je norma stanovena, v případě dalšího řádku je uvedena norma spotřeby času na 1 kus zadního zámku, která byla původně na lince naměřena. Další řádek zase obsahuje původní kapacitu linky, tedy maximální možnou produkci v rámci směny, kde je k dispozici *440 minut*, pokud odečteme časy zákonem daných přestávek. Druhá část tabulky zahrnuje nově stanovenou normu spotřeby času na 1 kus zadního zámku, dále je uvedena nová kapacita linky a poslední dva řádky vyjadřují již samotné zvýšení produktivity, kterého lze dosáhnout zavedením nové normy spotřeby času. Zvýšení produktivity je uvedeno v absolutním a relativním vyjádření.

K výpočtu *denní kapacity linky* je využit vzorec, který je uveden v teoretické části této práce, který lze vyjádřit podílem pracovní doby a času cyklu konkrétních operací

prováděných na analyzované lince. Pro účely toho, aby bylo zdůrazněno, jak zásadní dopad by mělo zavedení nové normy na analyzované lince, je zde v první řadě vyjádřena denní kapacita linky, která odpovídá současnému stavu. Následně je vyjádřena denní kapacita linky, které lze na lince skutečně dosáhnout. Tabulka následně vyjadřuje porovnání obou denních kapacit, kde mimo jiné je absolutní a relativní vyjádření rozdílu skutečnosti oproti současnému stavu.

Denní kapacita linky a zvýšení produktivity (verze 377; 3 operátoři; KLT box)

Denní kapacita linky_{původní norma spotřeby času (verze 377; 3 operátoři; KLT)}

$$= \frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}} = \frac{(480 - 40) * 60}{27,28} = \mathbf{967 \text{ ks}}$$

V případě verze zámků pro Ford Kuga, které jsou vyráběny při celkovém obsazení linky třemi operátory, kdy operátoři kompletní zámky ukládají do KLT boxů, lze dle původní normy spotřeby času stanovené na lince denní kapacitu množství vyprodukovaných zámků této verze, které lze maximálně vyprodukovat stanovit na *967 kusů* zámků.

$$\begin{aligned} \text{Denní kapacita linky}_{\text{nová norma spotřeby času (verze 377; 3 operátoři; KLT)}} &= \frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}} \\ &= \frac{(480 - 40) * 60}{23,87} = \mathbf{1\ 106 \text{ ks}} \end{aligned}$$

Pro stejné obsazení linky, stejnou verzi zámků a totožný typ úložného boxu, avšak pro nově naměřenou normu je výsledné kapacitní množství linky vyšší. Důvodem tohoto faktu je nižší cyklový čas (takt linky), který byl na lince naměřen. Konkrétně lze dle nově naměřené normy spotřeby času za směnu vyrobit *1 106 kusů* zámků tohoto typu při tomto obsazení linky a typu úložného boxu.

Tabulka 22: Absolutní a relativní vyjádření potenciálního zvýšení produktivity (3 operátoři; KLT box; verze zámku 377) (Zdroj: vlastní zpracování z realizovaného měření)

Počet operátorů na lince	3
Typ úložného boxu	KLT
Původní norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	27,28
Původní kapacita linky [ks/směna (440 min.)]	968
Nová norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	23,87
Nová kapacita linky [ks/směna (440 min.)]	1 106
Zvýšení produktivity linky (absolutní vyjádření)	138
Zvýšení produktivity linky (relativní vyjádření)	14,29 %

Dle výpočtu denní kapacity linky stávajícího stavu a denní kapacity linky dle nově naměřené normy lze vyjádřit zvýšení produktivity linky, které by vzniklo zavedením nové normy spotřeby času. Pro situaci specifikovanou v prvních řádcích tabulky lze denně vyrobit o *138 kusů* zadních zámků více než v případě stávající normy spotřeby času. V relativním vyjádření lze denně vyrobit o *14,29 %* více než v případě stávající stanovené normy spotřeby času na lince.

Denní kapacita linky a zvýšení produktivity (verze 377; 2 operátoři; KLT box)

Denní kapacita linky_{původní norma spotřeby času (verze 377; 2 operátoři; KLT)}

$$= \frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}} = \frac{(480 - 40) * 60}{45,57} = \mathbf{579 \text{ ks}}$$

V případě verze zámků pro Ford Kuga, které jsou vyráběny při celkovém obsazení linky dvěma operátory, kdy operátoři kompletní zámky ukládají do KLT boxů, lze dle původní normy spotřeby času stanovené na lince denní kapacitu množství vyprodukovaných zámků této verze, které lze maximálně vyprodukovat stanovit na *579 kusů* zámků.

Denní kapacita linky_{nová norma spotřeby času (verze 377; 2 operátoři; KLT)} = $\frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}}$

$$= \frac{(480 - 40) * 60}{37,95} = \mathbf{696 \text{ ks}}$$

Pro stejné obsazení linky, stejnou verzi zámku a totožný typ úložného boxu, avšak pro nově naměřenou normu je výsledné kapacitní množství linky vyšší. Důvodem tohoto faktu je nižší cyklový čas (takt linky), který byl na lince naměřen. Konkrétně lze dle nově

naměřené normy spotřeby času za směnu vyrobit *696 kusů* zámků tohoto typu při tomto obsazení linky a typu úložného boxu.

Tabulka 23: Absolutní a relativní vyjádření potenciálního zvýšení produktivity (2 operátoři; KLT box; verze zámku 377) (Zdroj: vlastní zpracování z realizovaného měření)

Počet operátorů na lince	2
Typ úložného boxu	KLT
Původní norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	45,57
Původní kapacita linky [ks/směna (440 min.)]	579
Nová norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	37,95
Nová kapacita linky [ks/směna (440 min.)]	696
Zvýšení produktivity linky (absolutní vyjádření)	116
Zvýšení produktivity linky (relativní vyjádření)	20,08 %

Dle výpočtu denní kapacity linky stávajícího stavu a denní kapacity linky dle nově naměřené normy lze vyjádřit zvýšení produktivity linky, které by vzniklo zavedením nové normy spotřeby času. Pro situaci specifikovanou v prvních řádcích tabulky lze denně vyrobit o *116 kusů* zadních zámků více než v případě stávající normy spotřeby času. V relativním vyjádření lze denně vyrobit o *20,08 %* více než v případě stávající stanovené normy spotřeby času na lince.

Denní kapacita linky a zvýšení produktivity (verze 377; 3 operátoři; box IMC 100)

Denní kapacita linky_{původní norma spotřeby času (verze 377; 3 operátoři; IMC 100)}

$$= \frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}} = \frac{(480 - 40) * 60}{28,12} = \mathbf{939 \text{ ks}}$$

V případě verze zámků pro Ford Kuga, které jsou vyráběny při celkovém obsazení linky třemi operátory, kdy operátoři kompletní zámky ukládají do boxů IMC 100, lze dle původní normy spotřeby času stanovené na lince denní kapacitu množství vyprodukovaných zámků této verze, které lze maximálně vyprodukovat stanovit na *939 kusů* zámků.

Denní kapacita linky_{nová norma spotřeby času (verze 377; 3 operátoři; IMC 100)}

$$= \frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}} = \frac{(480 - 40) * 60}{24,96} = \mathbf{1\ 058 \text{ ks}}$$

Pro stejné obsazení linky, stejnou verzi zámku a totožný typ úložného boxu, avšak pro nově naměřenou normu je výsledné kapacitní množství linky vyšší. Důvodem tohoto faktu je nižší cyklový čas (takt linky), který byl na lince naměřen. Konkrétně lze dle nově naměřené normy spotřeby času za směnu vyrobit *1 058 kusů* zámků tohoto typu při tomto obsazení linky a typu úložného boxu.

Tabulka 24: Absolutní a relativní vyjádření potenciálního zvýšení produktivity (3 operátoři; box IMC 100; verze zámku 377) (Zdroj: vlastní zpracování z realizovaného měření)

Počet operátorů na lince	3
Typ úložného boxu	IMC 100
Původní norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	28,12
Původní kapacita linky [ks/směna (440 min.)]	939
Nová norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	24,96
Nová kapacita linky [ks/směna (440 min.)]	1 058
Zvýšení produktivity linky (absolutní vyjádření)	119
Zvýšení produktivity linky (relativní vyjádření)	12,66 %

Dle výpočtu denní kapacity linky stávajícího stavu a denní kapacity linky dle nově naměřené normy lze vyjádřit zvýšení produktivity linky, které by vzniklo zavedením nové normy spotřeby času. Pro situaci specifikovanou v prvních řádcích tabulky lze denně vyrobit o *119 kusů* zadních zámků více než v případě stávající normy spotřeby času. V relativním vyjádření lze denně vyrobit o *12,66 %* více než v případě stávající stanovené normy spotřeby času na lince.

Denní kapacita linky a zvýšení produktivity (verze 377; 2 operátoři; box IMC 100)

Denní kapacita linky_{původní norma spotřeby času (verze 377; 2 operátoři; IMC 100)}

$$= \frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}} = \frac{(480 - 40) * 60}{46,83} = \mathbf{564 \text{ ks}}$$

V případě verze zámků pro Ford Kuga, které jsou vyráběny při celkovém obsazení linky dvěma operátory, kdy operátoři kompletní zámky ukládají do boxů IMC 100, lze dle původní normy spotřeby času stanovené na lince denní kapacitu množství vyprodukovaných zámků této verze, které lze maximálně vyprodukovat stanovit na *564 kusů* zámků.

Denní kapacita linky_{nová norma spotřeby času (verze 377; 2 operátoři; IMC 100)}

$$= \frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}} = \frac{(480 - 40) * 60}{39,68} = \mathbf{665 \text{ ks}}$$

Pro stejné obsazení linky, stejnou verzi zámku a totožný typ úložného boxu, avšak pro nově naměřenou normu je výsledné kapacitní množství linky vyšší. Důvodem tohoto faktu je nižší cyklový čas (takt linky), který byl na lince naměřen. Konkrétně lze dle nově naměřené normy spotřeby času za směnu vyrobit *665 kusů* zámků tohoto typu při tomto obsazení linky a typu úložného boxu.

Tabulka 25: Absolutní a relativní vyjádření potenciálního zvýšení produktivity (2 operátoři; box IMC 100; verze zámku 377) (Zdroj: vlastní zpracování z realizovaného měření)

Počet operátorů na lince	2
Typ úložného boxu	IMC 100
Původní norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	46,83
Původní kapacita linky [ks/směna (440 min.)]	564
Nová norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	39,68
Nová kapacita linky [ks/směna (440 min.)]	665
Zvýšení produktivity linky (absolutní vyjádření)	102
Zvýšení produktivity linky (relativní vyjádření)	18,02 %

Dle výpočtu denní kapacity linky stávajícího stavu a denní kapacity linky dle nově naměřené normy lze vyjádřit zvýšení produktivity linky, které by vzniklo zavedením nové normy spotřeby času. Pro situaci specifikovanou v prvních řádcích tabulky lze denně vyrobit o *102 kusů* zadních zámků více než v případě stávající normy spotřeby času. V relativním vyjádření lze denně vyrobit o *18,02 %* více než v případě stávající stanovené normy spotřeby času na lince.

Denní kapacita linky a zvýšení produktivity (verze 378; 3 operátoři; KLT box)

Denní kapacita linky_{původní norma spotřeby času (verze 378; 3 operátoři; KLT)}

$$= \frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}} = \frac{(480 - 40) * 60}{28,48} = \mathbf{927 \text{ ks}}$$

V případě verze zámků pro Ford Mondeo, které jsou vyráběny při celkovém obsazení linky třemi operátory, kdy operátoři kompletní zámky ukládají do KLT boxů, lze dle původní normy spotřeby času stanovené na lince denní kapacitu množství

vyprodukovaných zámků této verze, které lze maximálně vyprodukovat stanovit na 927 kusů zámků.

$$\text{Denní kapacita linky}_{\text{nová norma spotřeby času (verze 378; 3 operátoři; KLT)}} = \frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}} = \frac{(480 - 40) * 60}{23,21} = \mathbf{1\ 137\ ks}$$

Pro stejné obsazení linky, stejnou verzi zámků a totožný typ úložného boxu, avšak pro nově naměřenou normu je výsledné kapacitní množství linky vyšší. Důvodem tohoto faktu je nižší cyklový čas (takt linky), který byl na lince naměřen. Konkrétně lze dle nově naměřené normy spotřeby času za směnu vyrobit 1 137 kusů zámků tohoto typu při tomto obsazení linky a typu úložného boxu.

Tabulka 26: Absolutní a relativní vyjádření potenciálního zvýšení produktivity (3 operátoři; KLT box; verze zámků 378) (Zdroj: vlastní zpracování z realizovaného měření)

Počet operátorů na lince	3
Typ úložného boxu	KLT
Původní norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	28,48
Původní kapacita linky [ks/směna (440 min.)]	927
Nová norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	23,21
Nová kapacita linky [ks/směna (440 min.)]	1 137
Zvýšení produktivity linky (absolutní vyjádření)	210
Zvýšení produktivity linky (relativní vyjádření)	22,71 %

Dle výpočtu denní kapacity linky stávajícího stavu a denní kapacity linky dle nově naměřené normy lze vyjádřit zvýšení produktivity linky, které by vzniklo zavedením nové normy spotřeby času. Pro situaci specifikovanou v prvních řádcích tabulky lze denně vyrobit o 210 kusů zadních zámků více než v případě stávající normy spotřeby času. V relativním vyjádření lze denně vyrobit o 22,71 % více než v případě stávající stanovené normy spotřeby času na lince.

Denní kapacita linky a zvýšení produktivity (verze 378; 2 operátoři; KLT box)

Denní kapacita linky_{původní norma spotřeby času (verze 378; 2 operátoři; KLT)}

$$= \frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}} = \frac{(480 - 40) * 60}{47,7} = \mathbf{553\ ks}$$

V případě, že opět produkujeme verzi zámku pro Ford Mondeo, které jsou vyráběny při celkovém obsazení linky dvěma operátory, kdy operátoři kompletní zámky ukládají do KLT boxů, lze dle původní normy spotřeby času stanovené na lince denní kapacitu množství vyprodukovaných zámků této verze, které lze maximálně vyprodukovat stanovit na *553 kusů* zámků.

$$\text{Denní kapacita linky}_{\text{nová norma spotřeby času (verze 378; 2 operátoři; KLT)}} = \frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}} \\ = \frac{(480 - 40) * 60}{43,12} = \mathbf{612 \text{ ks}}$$

Pro stejnou situaci, avšak pro nově naměřenou normu je výsledné kapacitní množství linky vyšší. Důvodem tohoto faktu je nižší cyklový čas (takt linky), který byl na lince naměřen. Konkrétně lze dle nově naměřené normy spotřeby času za směnu vyrobit *612 kusů* zámků tohoto typu při tomto obsazení linky a typu úložného boxu.

Tabulka 27: Absolutní a relativní vyjádření potenciálního zvýšení produktivity (2 operátoři; KLT box; verze zámku 378) (Zdroj: vlastní zpracování z realizovaného měření)

Počet operátorů na lince	2
Typ úložného boxu	KLT
Původní norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	47,7
Původní kapacita linky [ks/směna (440 min.)]	553
Nová norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	43,12
Nová kapacita linky [ks/směna (440 min.)]	612
Zvýšení produktivity linky (absolutní vyjádření)	59
Zvýšení produktivity linky (relativní vyjádření)	10,62 %

Dle výpočtu denní kapacity linky stávajícího stavu a denní kapacity linky dle nově naměřené normy lze vyjádřit zvýšení produktivity linky, které by vzniklo zavedením nové normy spotřeby času. Pro situaci specifikovanou v prvních řádcích tabulky lze denně vyrobit o *59 kusů* zadních zámků více než v případě stávající normy spotřeby času. V relativním vyjádření lze denně vyrobit o *10,62 %* více než v případě stávající stanovené normy spotřeby času na lince.

Denní kapacita linky a zvýšení produktivity (verze 378; 3 operátoři; box IMC 100)

Denní kapacita linky_{původní norma spotřeby času (verze 378; 3 operátoři; IMC 100)}

$$= \frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}} = \frac{(480 - 40) * 60}{24,27} = \mathbf{875 \text{ ks}}$$

V případě, že opět produkujeme verzi zámku pro Ford Mondeo, které jsou vyráběny při celkovém obsazení linky třemi operátory, kdy operátoři kompletní zámky ukládají do boxů s označením IMC 100, lze dle původní normy spotřeby času stanovené na lince denní kapacitu množství vyprodukovaných zámků této verze, které lze maximálně vyprodukovat stanovit na 875 kusů zámků.

Denní kapacita linky_{nová norma spotřeby času (verze 378; 3 operátoři; IMC 100)}

$$= \frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}} = \frac{(480 - 40) * 60}{24,27} = \mathbf{1\ 088 \text{ ks}}$$

Pro tutéž situaci, avšak pro nově naměřenou normu je výsledné kapacitní množství linky vyšší. Důvodem tohoto faktu je nižší cyklový čas (takt linky), který byl na lince naměřen. Konkrétně lze dle nově naměřené normy spotřeby času za směnu vyrobit 1 088 kusů zámků tohoto typu při tomto obsazení linky a typu úložného boxu.

Tabulka 28: Absolutní a relativní vyjádření potenciálního zvýšení produktivity (3 operátoři; box IMC 100; verze zámku 378) (Zdroj: vlastní zpracování z realizovaného měření)

Počet operátorů na lince	3
Typ úložného boxu	IMC 100
Původní norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	30,16
Původní kapacita linky [ks/směna (440 min.)]	875
Nová norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	24,27
Nová kapacita linky [ks/směna (440 min.)]	1 088
Zvýšení produktivity linky (absolutní vyjádření)	212
Zvýšení produktivity linky (relativní vyjádření)	24,27 %

Porovnáním výpočtu denní kapacity linky stávajícího stavu a denní kapacity linky dle nově naměřené normy lze vyjádřit zvýšení produktivity linky, které by vzniklo zavedením nové normy spotřeby času. Pro situaci specifikovanou v prvních řádcích tabulky lze denně vyrobit o 212 kusů zadních zámků více než v případě stávající normy spotřeby času. V relativním vyjádření lze denně vyrobit o 24,27 % více než v případě stávající stanovené normy spotřeby času na lince.

Denní kapacita linky a zvýšení produktivity (verze 378; 2 operátoři; box IMC 100)

Denní kapacita linky_{původní norma spotřeby času (verze 378; 2 operátoři; IMC 100)}

$$= \frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}} = \frac{(480 - 40) * 60}{50,22} = \mathbf{526 \text{ ks}}$$

Při situaci, že opět produkujeme verzi zámku pro Ford Mondeo, které jsou vyráběny při celkovém obsazení linky dvěma operátory, kdy operátoři kompletní zámky ukládají do boxů s označením IMC 100, lze dle původní normy spotřeby času stanovené na lince denní kapacitu množství vyprodukovaných zámků této verze, které lze maximálně vyprodukovat stanovit na *526 kusů* zámků.

Denní kapacita linky_{nová norma spotřeby času (verze 378; 2 operátoři; IMC 100)}

$$= \frac{\text{pracovní doba}}{\text{čas cyklu}} = \frac{(480 - 40) * 60}{45,08} = \mathbf{586 \text{ ks}}$$

Pro tutéž situaci, avšak pro nově naměřenou normu je výsledné kapacitní množství linky vyšší. Důvodem tohoto faktu je nižší cyklový čas (takt linky), který byl na lince naměřen. Konkrétně lze dle nově naměřené normy spotřeby času za směnu vyrobít *586 kusů* zámků tohoto typu při tomto obsazení linky a typu úložného boxu.

Tabulka 29: Absolutní a relativní vyjádření potenciálního zvýšení produktivity (2 operátoři; box IMC 100; verze zámku 378) (Zdroj: vlastní zpracování z realizovaného měření)

Počet operátorů na lince	2
Typ úložného boxu	IMC 100
Původní norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	50,22
Původní kapacita linky [ks/směna (440 min.)]	526
Nová norma spotřeby času na 1 ks [v s.]	45,08
Nová kapacita linky [ks/směna (440 min.)]	586
Zvýšení produktivity linky (absolutní vyjádření)	60
Zvýšení produktivity linky (relativní vyjádření)	11,40 %

Porovnáním výpočtu denní kapacity linky stávajícího stavu a denní kapacity linky dle nově naměřené normy lze vyjádřit zvýšení produktivity linky, které by vzniklo zavedením nové normy spotřeby času. Pro situaci specifikovanou v prvních řádcích tabulky lze denně vyrobit o *60 kusů* zadních zámků více než v případě stávající normy spotřeby času. V relativním vyjádření lze denně vyrobit o *11,40 %* více než v případě stávající stanovené normy spotřeby času na lince.

ZÁVĚR

K realizaci cíle práce bylo zapotřebí uskutečnit výčet dílčích cílů, mezi které patřilo prvotní seznámení se společností WITTE Nejdek, spol. s r.o., převážně pak s produktovým portfoliem a montážní linkou HKS Mondeo. Dalším realizovaným dílčím cílem byla série miniauditů, jejichž zjištěné poznatky byly popudem k dalšímu rozpracování v návrzích řešení. Další činnost, kterou lze označit za dílčí cíl bylo uskutečněné snímkování pracovního dne jednotlivých operátorů působících na lince, po jejich realizaci byl vytvořen graf jednotlivých činností prováděných během směny, byla zachycena jejich celková doba trvání a dále ze snímků byly vygenerovány dva grafy znázorňující poměr přidané a nepřidané hodnoty činností a graf poměru práce a prostojů. Všechny tyto data následně přehledně sumarizuje přiložená tabulka. V pořadí dalším dílčím cílem byla realizace série měření cyklových časů jednotlivých operací linky, která byla realizována prostřednictvím aplikace API, rovněž jako snímky pracovního dne. Z realizace měření cyklových časů činností linky byly následně stanoveny takty linky a optimální situace balancování linky pro různé situace, které na lince mohou být předem stanoveny dle plánování výroby v reakci na zákaznické požadavky. Z tohoto výčtu dílčích cílů bylo následně možné vytvořit primární cíl, kde bylo autorovým záměrem optimalizovat vazby TPV dle vlastní iniciativy, kde se autor konkrétně rozhodl, po provedení analýzy montážní buňky, pro návrh optimalizace časového hlediska průběžné doby výroby.

V průběhu zpracovávání diplomové práce byla zjištěna řada zajímavých skutečností a na tomto místě autor uvádí jejich stručný souhrn. Z provedených snímků pracovního dne bylo mimo jiné zjištěno, že operátoři v průběhu směny vykazují četné formy plýtvání a lze tedy konstatovat, že vytížení operátorů na lince lze optimalizovat a zvýšit tak produktivitu celé montážní buňky. Po provedení tří miniauditů, které se zaměřovaly na stav pořádku a čistoty na lince, vizualizaci linky a údržbu strojních zařízení, bylo mimo jiné zjištěno, že uložení materiálů sloužících k bezpečnému uskladnění do vývozních boxů v první řadě brání v pohybu operátorů uvnitř buňky, v druhé řadě umístěním materiálů je porušena zásada ergonomických pravidel. Dále pro účely posouzení adekvátnosti současné normy spotřeby času bylo zapotřebí provést měření cyklových časů jednotlivých operací prováděných na montážní lince. Nejprve byl vyjádřen

minimálně nutný počet měření a následně již bylo provedeno samotné měření cyklových časů. Následnou analýzou naměřených dat bylo zjištěno, že současná norma spotřeby času linky je nevyhovující a lze časy definované v aktuální normě značně redukovat. Dalším zjištěním, které vyplynulo z naměřených cyklových časů bylo, že současný stav balancování linky je také nevyhovující a je zapotřebí provést nápravná opatření. Dále již bylo možné vyvodit patřičné závěry z provedeného měření a určit tak vlastní návrhy řešení na základně zjištěných poznatků. V případě, kdy byla linka zastoupena třemi operátory, bylo zjištěno, že toto množství operátorů je pro účely vybalancování linky ideální a lze tedy konstatovat, že vytíženost jednotlivých pracovníků v montážní buňce je téměř ideální. Následně dle naměřených dat je komplexně rozpracována možná úprava normy spotřeby času pro všechny možné situace, které na lince mohou nastat. Konkrétně je počítáno se všemi možnými kombinacemi počtu operátorů a typů úložných boxů, jelikož pro každou z možných variant boxu je zapotřebí počítat s různou normou spotřeby časů. Jsou uvedeny také názorné grafické vizualizace, které znázorňují stav balancování, původní a nově definovaný takt linky, dále také možnou úsporu času v případě implementace nové normy. Ke stanovení nových norem spotřeby času byly definovány dvě různé přírážky k cyklovému času linky, aby mohl být stanoven odpovídající takt linky. Konkrétně byla rozlišena procentní přírážka k cyklovému času linky pro různé typy úložných boxů, jelikož představují různou pracnost balení hotových produktů. V další části práce bylo rozpracováno ekonomické zhodnocení, kterého by bylo dosaženo implementací návrhů. Byly zde zpracovány tabulky, které vždy nejprve popisují variantu, pro kterou je daná situace vytvořena, dále je porovnávána aktuálně kapacita linky s nově naměřenou kapacitou. Nejzajímavější veličinou v těchto tabulkách je vyjádřeno zvýšení produktivity v případě změny normy pro konkrétní možné situace na lince. Toto zvýšení produktivity je uvedeno v absolutním i relativním vyjádření. Další kapitola práce pojednává o možném vypořádání se se špatnou ergonomií na pracovišti. Tento problém lze vyřešit nastavitelným regálem pro kartonové proklady, které by bylo nastaveno pro práci vestoje, aby bylo eliminováno ohýbání operátora pro potřebný materiál. Je také navržena možnost vyřešení přeplňování zásob tohoto materiálu a je navržena možnost pravidelných a plynulých dodávek, která je rozpracována na modelovém příkladu.

V poslední kapitole vlastních návrhů řešení bylo následně doporučeno zadavatelské společnosti pořízení aplikace API, prostřednictvím které byly realizovány snímky

pracovního dne, fotodokumentace postřehů z pozorování linky a také náměry cyklových časů pracovišť, kdy tato aplikace značně usnadní nejen samotné měření, ale především následnou analýzu nasbíraných dat. Nákup aplikace by společnosti napomohla k efektivnímu přenormování ostatních výrobních a montážních linek napříč společností pro komplexní zvýšení produktivity optimalizací měřených a pozorovaných činností. Lze také zmínit, že pořizovací cena aplikace není nijak vysoká a zvýšením produktivity, které by vyplynulo z následného využívání této aplikace by návratnost investice byla velmi rychlá.

Závěrem bych rád zmínil, že realizace této diplomové práce na zvolené téma, které se úzce týká praxe z pohledu optimalizace výrobních procesů pro mne byla velkých přínosem, jak z pohledu poznání jiného druhu výroby, než s kterým jsem měl doposud možnost se setkat, měl jsem také možnost se díky realizaci této práce seznámit s množstvím zajímavých lidí, také shledávám za přínosné získání nových zkušeností, které jsem vstřebal studiem takto zajímavého vědního oboru, kterým průmyslové inženýrství bezesporu je a doufám, že do mého profesního života mi tato zkušenost přinese jen samé pozitivní aspekty.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Odborná literatura

BERNARDY, Hubert. *Projektování výrobních a montážních linek.* Praha: Práce, 1956. Knižnice Domu techniků, dělnických vynálezců a zlepšovatelů.

DLABAČ, Jaroslav. *Analýza a normování práce je pro velkou část českých firem stále aktuálnějším tématem.* Úspěch. 2016a, č. 4, s. 4-6. ISSN 1803-5183.

DLABAČ, Jaroslav. *Ergonomie a pohybová ergonomie.* Úspěch. 2016b, č. 4, s. 12-16. ISSN 1803-5183.

HIRANO, Hiroyuki. *5S pro operátory: 5 pilířů vizuálního pracoviště.* Brno: SC, ©2009. Shopfloor series. ISBN 978-80-904099-1-0.

JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání.* Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 80-247-5717-6.

JUROVÁ, Marie. *Výrobní procesy řízené logistikou.* Brno: BizBooks, 2013. ISBN 9788026500599.

KAVAN, Michal. *Výrobní a provozní management.* Praha: Grada, 2002. Expert (Grada). ISBN 8024701995.

KEŘKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby.* Praha: C.H. Beck, 2001. C.H. Beck pro praxi. ISBN 80-717-9471-6.

KOŠTURIK, Ján. *Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků.* Brno: Computer Press, 2010. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 978-80-251-2349-2.

MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. *Cesty k vyšší produktivitě: strategie založená na průmyslovém inženýrství.* Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996. ISBN 80-902-2350-8.

RASTOGI, M. K. *Production and operation management.* Bangalore: University science press, 2010. ISBN 9380386818.

ŘEZNÍČEK, Jiří. *Slovník ekonomiky průmyslu a vědeckého řízení.* Praha: Svoboda, 1967. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:d5e416f0-b9ae-11e3-b833-005056827e52>.

SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích.* 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2013. Expert (Grada). ISBN 8024746441.

ŠTŮSEK, Jaromír. *Řízení provozu v logistických řetězcích.* Praha: C. H. Beck, 2007. C. H. Beck pro praxi. ISBN 8071795348.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci.* Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.

UČEŇ, Pavel. *Zvyšování výkonnosti firmy na bázi potenciálu zlepšení.* Praha: Grada, 2008. ISBN 9788024724720.

VOCHOZKA, Marek a Petr MULAČ. *Podniková ekonomika.* Praha: Grada, 2012. Finanční řízení. ISBN 978-80-247-4372-1.

VYTLAČIL, Milan a Ivan MAŠÍN. *Dynamiccké zlepšování procesů: programy a metody pro eliminaci plýtvání.* Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1999. ISBN 8090223532.

WIREMAN, Terry. *Total productive maintenance.* 2nd ed. New York: Industrial Press, 2004. ISBN 0831131721.

On-line zdroje

BRANDS & MODELS. *Volkswagen AG* [online]. Volkswagen AG, ©2017 [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://www.volkswagenag.com/en/brands-and-models.html>

MĚŘENÍ A INDIKACE DOBY CYKLU VÝROBNÍCH LINKE: Úvod. *Měření a indikace doby cyklu výrobních linek* [online]. ©2017 [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://merenidobycyklu.picktolight.cz/>

PRODUCTS. *Daimler* [online]. Daimler AG, ©2017 [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <https://www.daimler.com/products/>

SNADNÉ MĚŘENÍ PRÁCE DÍKY APLIKACI API. *API – Akademie produktivity a inovací, s.r.o.* [online]. Želevčice: API – Akademie produktivity a inovací, ©2005-2017 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25813n-snadne-mereni-prace-diky-aplikaci-api>

WITTE NEJDEK, SPOL. S R.O. *WITTE Automotive* [online]. ©2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://www.witte-automotive.cz/live/WITTE-nejdek/witte-nejdek.aspx>

Off-line zdroje

API – AKADEMIE PRODUKTIVITY A INOVACÍ, S.R.O. *Aplikace na měření práce: návod.* Želevčice: API – akademie produktivity a inovací, s.r.o., ©2016.

DLABAČ, Jaroslav. *Techniky analýzy a měření práce I: Analytické metody PI.* Želevčice, 2015.

KRAFT, Tomáš. *XV. ročník studijního programu PI: Představení firmy WITTE Automotive.* Želevčice, 2009.

VAVRUŠKA, Jan. *Systém předem určených časů.* Liberec: Technická univerzita v Liberci a partneři Preciosa, a.s. a TOS Varnsdorf a.s., 2011.

WUENNENBERG, Lisa. *Oficiální prezentace WITTE Automotive: Klíčové koncepty pro automobilový průmysl.* Nejdek, 2017.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Ukázka produktů společnosti.....	14
Obrázek 2: Organizační struktura společnosti	18
Obrázek 3: Celosvětová konektivita aliance VAST)	19
Obrázek 4: Analýza a měření práce	28
Obrázek 5: Příklady fotografování abnormalit a plýtvání.....	34
Obrázek 6: Příklad řešení problémů plýtvání.....	37
Obrázek 7: Struktura spotřeby času pracovníka v pracovní směně	41
Obrázek 8: Organizace montážních buněk v automobilovém průmyslu	46
Obrázek 9: Analýza času cyklu	48
Obrázek 10: Postup projektování a vytvoření výrobní buňky.....	48
Obrázek 11: Příklad uspořádání výrobní buňky do tvaru „U“	49
Obrázek 12: Přehled nejčastějších forem plýtvání	51
Obrázek 13: Layout pracoviště	54
Obrázek 14: Vizuální podoba pracoviště	54
Obrázek 15: Zadní zámek pro Ford Mondeo a Ford Kuga kompletovaný na lince.....	55
Obrázek 16: Vizuální podoba prostředí aplikace API.....	56
Obrázek 17: Prostor měření v aplikaci API po nadefinování tlačítek	57
Obrázek 18: Vyhodnocení měření z aplikace API	58
Obrázek 19: Zjištěné nedostatky miniauditů pořádku a čistoty	72
Obrázek 20: Postřehy z miniauditů vizualizace na pracovišti.....	74
Obrázek 21: Postřehy z miniauditů údržby strojních zařízení	76
Obrázek 22: Znázornění pohybů operátorů na lince HKS Mondeo (2 operátoři).....	83
Obrázek 23: Znázornění pohybů operátorů na lince HKS Mondeo (3 operátoři).....	91
Obrázek 24: Podoba a umístění kartonových prokladů a mřížek.....	101
Obrázek 25: Vizualizace místa umístění kartonových prokladů a mřížek.....	102

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Historie společnosti od jejího založení	17
Tabulka 2: Formulář pro výpočet indexu přidané hodnoty.....	35
Tabulka 3: Legenda k obrázku zadních zámků Ford Mondeo a Ford Kuga	55
Tabulka 4: Index přidané hodnoty operátora na pracovišti AP 10 B (dále AP 30 a AP 40)	60
Tabulka 5: Sumarizace z měření operátora na pracovišti AP 10 B (dále AP 30 a AP 40)	62
Tabulka 6: Index přidané hodnoty operátora na pracovišti AP 20 B	64
Tabulka 7: Sumarizace z měření operátora na pracovišti AP 20 B.....	66
Tabulka 8: Index přidané hodnoty operátora na pracovišti AP 30 a AP 40	68
Tabulka 9: Sumarizace z měření operátora na pracovišti AP 30 a AP 40	70
Tabulka 10: Miniaudit pořádku a čistoty na pracovištích montážní linky	71
Tabulka 11: Miniaudit vizualizace na pracovišti	73
Tabulka 12: Miniaudit údržby strojních zařízení	75
Tabulka 13: Přehled norem linky Ford Mondeo (verze 377).....	77
Tabulka 14: Přehled norem linky Ford Mondeo (verze 378).....	78
Tabulka 15: Prvotní náměry cyklových časů jednotlivých operací pro účely výpočtu počtu měření	79
Tabulka 16: Norma spotřeby času odpovídající situaci v době měření cyklových časů pracovišť linky při směně se dvěma operátory a úložných boxech typu IMC 100	81
Tabulka 17: Prvotní náměry cyklových časů jednotlivých operací pro účely výpočtu počtu měření při směně se třemi operátory.....	87
Tabulka 18: Norma spotřeby času odpovídající situaci v době měření cyklových časů pracovišť linky při směně se třemi operátory a úložných boxech typu KLT	89
Tabulka 19: Souhrnná tabulka změny normy spotřeby času na lince HKS Mondeo pro verzi zámků Ford Kuga.....	96
Tabulka 20: Souhrnná tabulka změny normy spotřeby času na lince HKS Mondeo pro verzi zámků Ford Mondeo	100
Tabulka 21: Formy nákupu aplikace API a cenová kalkulace	103
Tabulka 22: Absolutní a relativní vyjádření potenciálního zvýšení produktivity (3 operátoři; KLT box; verze zámků 377)	109

Tabulka 23: Absolutní a relativní vyjádření potenciálního zvýšení produktivity (2 operátoři; KLT box; verze zámku 377)	110
Tabulka 24: Absolutní a relativní vyjádření potenciálního zvýšení produktivity (3 operátoři; box IMC 100; verze zámku 377)	111
Tabulka 25: Absolutní a relativní vyjádření potenciálního zvýšení produktivity (2 operátoři; box IMC 100; verze zámku 377)	112
Tabulka 26: Absolutní a relativní vyjádření potenciálního zvýšení produktivity (3 operátoři; KLT box; verze zámku 378)	113
Tabulka 27: Absolutní a relativní vyjádření potenciálního zvýšení produktivity (2 operátoři; KLT box; verze zámku 378)	114
Tabulka 28: Absolutní a relativní vyjádření potenciálního zvýšení produktivity (3 operátoři; box IMC 100; verze zámku 378)	115
Tabulka 29: Absolutní a relativní vyjádření potenciálního zvýšení produktivity (2 operátoři; box IMC 100; verze zámku 378)	116

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Obrat společnosti 2016 dle zákazníků.....	17
Graf 2: Vývoj obratu společnosti (v mil. €).....	22
Graf 3: Vývoj počtu zaměstnanců od data založení společnosti	23
Graf 4: Věková struktura zaměstnanců společnosti k 31.12. 2016.....	24
Graf 5: Vzdělanostní struktura zaměstnanců společnosti k 31.12. 2016.....	25
Graf 6: Vytížení operátora na pracovišti AP 10 B (dále AP 30 a AP 40)	59
Graf 7: Vytížení operátora na pracovišti AP 20 B.....	63
Graf 8: Vytížení operátora na pracovišti AP 30 a AP 40	67
Graf 9: Histogram současného stavu balancování linky HKS Mondeo (2 operátoři) ...	82
Graf 10: Histogram balancování linky HKS Mondeo při směně se třemi operátory	90
Graf 11: Grafické znázornění změny normy pro verzi zadního zámku Ford Kuga (3 operátoři, KLT boxy).....	93
Graf 12: Grafické znázornění změny normy pro verzi zadního zámku Ford Kuga (2 operátoři, KLT boxy).....	94
Graf 13: Grafické znázornění změny normy pro verzi zadního zámku Ford Kuga (3 operátoři, boxy IMC 100).....	95
Graf 14: Grafické znázornění změny normy pro verzi zadního zámku Ford Kuga (2 operátoři, boxy IMC 100).....	95
Graf 15: Grafické znázornění změny normy pro verzi zadního zámku Ford Mondeo (3 operátoři, KLT boxy).....	97
Graf 16: Grafické znázornění změny normy pro verzi zadního zámku Ford Mondeo (2 operátoři, KLT boxy).....	98
Graf 17: Grafické znázornění změny normy pro verzi zadního zámku Ford Mondeo (3 operátoři, boxy IMC 100).....	98
Graf 18: Grafické znázornění změny normy pro verzi zadního zámku Ford Mondeo (2 operátoři, boxy IMC 100).....	99

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

5S	organizace, zavedení pořádku, čistota, standardizace, disciplína
API	Akademie produktivity a inovací
JIT	právě v čas
KANBAN	karta
MOST	Maynardova technika sekvencí činností
MTM	system předem určených časů
NVA	nepřidaná hodnota
PI	průmyslové inženýrství
TMU	jednotka měření času
TPM	totálně produktivní údržba
TPS	výrobní systém Toyota
TPV	technická příprava výroby
USA	Spojené státy americké
VA	přidaná hodnota
VAST	System technologických systémů k vozidlům

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky při směně dvou operátorů (1. část)	I
Příloha B: Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky při směně dvou operátorů (2. část)	II
Příloha C: Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky při směně tří operátorů (1. část).....	III
Příloha D: Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky při směně tří operátorů (2. část).....	IV

PŘÍLOHY

Příloha A: Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky při směně dvou operátorů (1. část)
(Zdroj: vlastní zpracování z uskutečněného měření jednotlivých operací)

Číslo měření	AP 10 B	AP 20 B	AP 30	AP 40
1	16,9	20,6	9,7	5,9
2	15,0	37,1	11,3	4,8
3	18,2	18,4	10,8	5,5
4	16,2	18,9	10,3	5,5
5	15,7	21,0	9,9	5,5
6	17,2	19,3	11,2	6,1
7	23,2	21,6	10,3	5,3
8	15,0	19,6	9,1	4,6
9	15,9	24,9	9,7	5,2
10	19,1	21,3	11,5	5,6
11	17,4	20,5	14,7	5,3
12	18,2	31,4	12,2	5,5
13	15,9	31,6	9,8	5,1
14	16,5	20,7	10,2	5,6
15	16,4	30,2	11,1	5,4
16	15,1	20,3	9,8	4,9
17	16,8	21,9	10,1	5,2
18	17,3	19,0	10,7	6,7
19	23,6	20,3	12,4	5,7
20	15,5	19,6	13,4	5,7
21	17,0	20,4	10,3	4,8
22	16,3	20,3	9,6	5,8
23	18,2	22,7	9,7	5,6
24	13,9	20,2	9,8	5,9
25	16,7	19,3	12,3	5,5
26	14,7	19,2	11,2	5,1
27	15,1	20,1	17,5	5,3
28	16,2	19,6	12,8	5,4
29	18,4	19,1	14,7	6,3
30	17,5	19,3	12,3	6,1
31	16,5	19,6	11,1	7,9
32	17,6	19,7	8,0	8,1
33	17,3	19,2	29,4	5,4
34	16,4	20,0	12,2	6,1
35	18,9	21,2	9,5	5,0
36	17,4	28,1	10,3	6,3
37	18,9	20,8	13,1	5,5
38	22,4	19,4	9,6	5,6
39	20,7	20,0	10,6	5,9

Příloha B: Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky při směně dvou operátorů (2. část)
(Zdroj: vlastní zpracování z uskutečněného měření jednotlivých operací)

Číslo měření	AP 10 B	AP 20 B	AP 30	AP 40
40	18,9	21,2	9,2	5,2
Průměrná hodnota	17,4	21,7	11,5	5,6

Příloha C: Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky při směně tří operátorů (1. část)
(Zdroj: vlastní zpracování z uskutečněného měření jednotlivých operací)

Číslo měření	AP 10 B	AP 20 B	AP 30	AP 40
1	21,4	19,1	14,1	5,1
2	25,2	20,3	15,4	4,9
3	27,5	19,6	15,0	4,2
4	17,1	20,8	19,2	5,0
5	18,3	17,3	11,1	5,6
6	19,6	19,2	14,6	6,1
7	18,0	19,7	12,9	4,7
8	21,1	15,7	11,3	5,0
9	18,9	16,2	13,3	5,2
10	18,5	22,1	23,5	5,5
11	18,4	28,4	10,5	4,7
12	20,3	21,3	11,1	4,8
13	18,2	30,7	11,6	4,5
14	31,1	17,8	14,8	5,9
15	20,2	28,2	14,1	5,4
16	18,5	25,6	13,2	6,2
17	20,7	24,1	15,2	5,7
18	17,1	21,2	14,3	5,2
19	27,4	22,5	16,5	4,9
20	16,8	15,1	11,1	5,2
21	18,7	19,3	10,6	7,0
22	18,4	29,7	12,2	4,8
23	19,1	21,2	35,5	5,1
24	19,3	20,2	10,3	4,8
25	21,8	22,6	11,1	4,2
26	18,2	18,2	12,3	7,8
27	23,6	19,4	10,6	6,4
28	16,7	20,1	13,4	6,0
29	19,4	22,6	12,5	4,5
30	18,6	20,2	10,9	5,3
31	17,3	18,1	10,6	5,0
32	19,2	26,2	12,4	6,2
33	23,2	21,1	13,2	5,8
34	19,6	17,1	14,5	5,0
35	20,2	19,6	13,2	5,5
36	19,9	22,3	12,4	6,2
37	22,1	20,7	11,3	5,2
38	23,5	18,0	12,7	4,7
39	17,2	23,4	11,1	4,5
40	17,9	17,4	10,4	5,3

Příloha D: Náměry cyklových časů jednotlivých pracovišť linky při směně tří operátorů (2. část)
 (Zdroj: vlastní zpracování z uskutečněného měření jednotlivých operací)

Číslo měření	AP 10 B	AP 20 B	AP 30	AP 40
41	19,3	26,1	13,7	7,7
42	17,3	22,6	12,6	6,4
43	22,4	19,7	11,9	5,2
44	18,8	20,2	17,4	6,3
45	16,9	19,9	15,8	5,2
46	23,6	23,6	12,7	5,4
47	20,4	22,7	13,6	6,2
48	20,8	21,1	13,9	5,4
49	19,3	22,5	14,8	5,8
50	21,5	21,4	12,4	6,0
51	20,3	25,7	15,4	7,1
52	23,7	22,1	14,2	6,3
53	22,5	20,2	13,0	5,2
54	16,8	19,6	15,1	5,0
55	17,4	21,7	13,5	5,4
56	16,9	19,3	13,1	4,8
57	21,0	20,6	13,7	6,2
58	19,7	19,2	13,1	5,4
59	22,3	18,9	14,7	4,3
60	20,6	19,5	12,3	5,1
61	23,7	20,3	14,2	4,5
62	18,7	21,1	12,5	6,0
63	19,4	22,0	12,1	5,2
Průměrná hodnota	20,2	21,1	13,6	5,4